দ. ন. ত্রিফোনভ, ভ. দ. ত্রিফোনভ

রাসায়নিক মৌল



কেমন করে সেগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল

মির প্রকাশন মস্কো

মেন্ডেলেয়েভের

		I	II	III	IV	V
1	I	H 1 1.0079 $1s^1$ হাইড্রোজেন				
2	II	Li 3 6.94_1 $2s^1$ লিথিয়াম	Be 4 9.01218 $2s^2$ বেরিলিয়াম	5 B 10.81 $2s^22p^1$ বোরন	6 C 12.011 $2s^22p^2$ কার্বন	7 N 14.0067 $2s^22p^3$ নাইট্রোজেন
3	III	Na 11 22.98977 $3s^1$ সোডিয়াম	Mg 12 24.305 $3s^2$ ম্যাগনেশিয়াম	13 Al 26.98154 $3s^23p^1$ অ্যালুমিনিয়াম	14 Si 28.085_5 $3s^23p^2$ সিলিকন	15 P 30.97376 $3s^23p^3$ ফসফরাস
4	IV	K 19 39.098_3 $4s^1$ পটাশিয়াম	Ca 20 40.08 $4s^2$ ক্যালসিয়াম	Sc 21 44.9559 $3d^14s^2$ স্ক্যান্ডিয়াম	Ti 22 47.90 $3d^24s^2$ টাইটেনিয়াম	V 23 50.9415 $3d^34s^2$ ভ্যানাডিয়াম
	V	29 Cu 63.54_6 $3d^{10}4s^1$ তামা	30 Zn 65.38 $3d^{10}4s^2$ দস্তা	31 Ga 69.72 $4s^24p^1$ গ্যালিয়াম	32 Ge 72.5_9 $4s^24p^2$ জার্মেনিয়াম	33 As 74.9216 $4s^24p^3$ আর্সেনিক
5	VI	Rb 37 85.467_8 $5s^1$ রুবিডিয়াম	Sr 38 87.62 $5s^2$ স্ট্রনশিয়াম	Y 39 88.9059 $4d^15s^2$ ইট্রিয়াম	Zr 40 91.22 $4d^25s^2$ জার্কোনিয়াম	Nb 41 92.9064 $4d^45s^1$ নায়োবিয়াম
	VII	47 Ag 107.868 $4d^{10}5s^1$ রূপা	48 Cd 112.41 $4d^{10}5s^2$ ক্যাডমিয়াম	49 In 114.82 $5s^25p^1$ ইন্ডিয়াম	50 Sn 118.6_9 $5s^25p^2$ টিন	51 Sb 121.7_5 $5s^25p^3$ অ্যান্টিমনি
6	VIII	Cs 55 132.9054 $6s^1$ সিজিয়াম	Ba 56 137.33 $6s^2$ বেরিয়াম	La* 57 138.905_5 $5d^16s^2$ ল্যান্থানাম	Hf 72 178.4_9 $5d^26s^2$ হ্যাফনিয়াম	Ta 73 180.947_9 $5d^36s^2$ ট্যান্টালাম
	XI	79 Au 196.9665 $5d^{10}6s^1$ সোনা	80 Hg 200.5_9 $5d^{10}6s^2$ পারদ	81 Tl 204.3_7 $6s^26p^1$ থ্যালিয়াম	82 Pb 207.2 $6s^26p^2$ সীসা	83 Bi 208.9804 $6s^26p^3$ বিসমাথ
7	X	Fr 87 [223] $7s^1$ ফ্রান্সিয়াম	Ra 88 226.0254 $7s^2$ রেডিয়াম	Ac** 89 [227] $6d^17s^2$ অ্যাক্টিনিয়াম	Ku 104 [261] $6d^27s^2$ কুর্চাতোভিয়াম	(Ns) 105 [261] $6d^37s^2$ নিলসবোরিয়াম

* ল্যান্থানাইড

Ce 58 140.12 $4f^26s^2$ সেরিয়াম	Pr 59 140.9077 $4f^36s^2$ প্রাসিয়োডিমিয়াম	Nd 60 144.2_4 $4f^46s^2$ নিয়োডিমিয়াম	Pm 61 [145] $4f^56s^2$ প্রোমেথিয়াম	Sm 62 150.4 $4f^66s^2$ সামারিয়াম	Eu 63 151.96_5 $4f^76s^2$ ইউরোপিয়াম	Gd 64 157.2 $4f^75d^16s^2$ গ্যাডোলিনিয়াম

** অ্যাক্টিনাইড

Th 90 232.0381 $6d^27s^2$ থোরিয়াম	Pa 91 231.0359 $5f^26d^17s^2$ প্রোটাক্টিনিয়াম	U 92 238.02_9 $5f^36d^17s^2$ ইউরেনিয়াম	Np 93 237.0482 $5f^46d^17s^2$ নেপচুনিয়াম	Pu 94 [244] $5f^67s^2$ প্লুটোনিয়াম	Am 95 [243] $5f^77s^2$ আমেরিসিয়াম	Cm 96 [247] $5f^76d^17s^2$ কুরিয়াম

পর্যায় সারণী

VI	VII	VIII		
	(H)			2 He 4.00280 $1s^2$ হিলিয়াম
8 O 15.999$_4$ $2s^2 2p^4$ অক্সিজেন	9 F 18.998403 $2s^2 2p^5$ ফ্লোরিন			10 Ne 20.17$_9$ $2s^2 2p^6$ নিয়ন
16 S 32.06 $3s^2 3p^4$ গন্ধক	17 Cl 35.453 $3s^2 3p^5$ ক্লোরিন			18 Ar 39.94$_8$ $3s^2 3p^6$ আর্গন
Cr 24 51.996 $3d^5 4s^1$ ক্রোমিয়াম	Mn 25 54.9380 $3d^5 4s^2$ ম্যাঙ্গানিজ	Fe 26 55.84$_7$ $3d^6 4s^2$ লোহা	Co 27 58.9332 $3d^7 4s^2$ কোবাল্ট	Ni 28 58.70 $3d^8 4s^2$ নিকেল
34 Se 78.9$_6$ $4s^2 4p^4$ সেলেনিয়াম	35 Br 79.904 $4s^2 4p^5$ ব্রোমিন			36 Kr 83.80 $4s^2 4p^6$ ক্রিপ্টন
Mo 42 95.94 $4d^5 5s^1$ মলিবডেনাম	Tc 43 98.9062 $4d^5 5s^2$ টেকনেশিয়াম	Ru 44 101.0$_7$ $4d^7 5s^1$ রুথেনিয়াম	Rh 45 102.9055 $4d^8 5s^1$	Pd 46 106.4 $4d^{10} 5s^0$ প্যালাডিয়াম
52 Te 127.6$_0$ $5s^2 5p^4$ টেলুরিয়াম	53 I 126.9045 $5s^2 5p^5$ আয়োডিন			54 Xe 131.30 $5s^2 5p^6$ জেনন
W 74 183.8$_5$ $5d^4 6s^2$ টাংস্টেন	Re 75 186.207 $5d^5 6s^2$ রেনিয়াম	Os 76 190.2 $5d^6 6s^2$ অসমিয়াম	Ir 77 192.2$_2$ $5d^7 6s^2$ ইরিডিয়াম	Pt 78 195.0$_9$ $5d^8 6s^2$ প্লাটিনাম
84 Po 209 $6s^2 6p^4$ পোলোনিয়াম	85 At [210] $6s^2 6p^5$ অ্যাস্টাটিন			86 Rn [222] $6s^2 6p^6$ র‍্যাডন

পারমাণবিক ভর

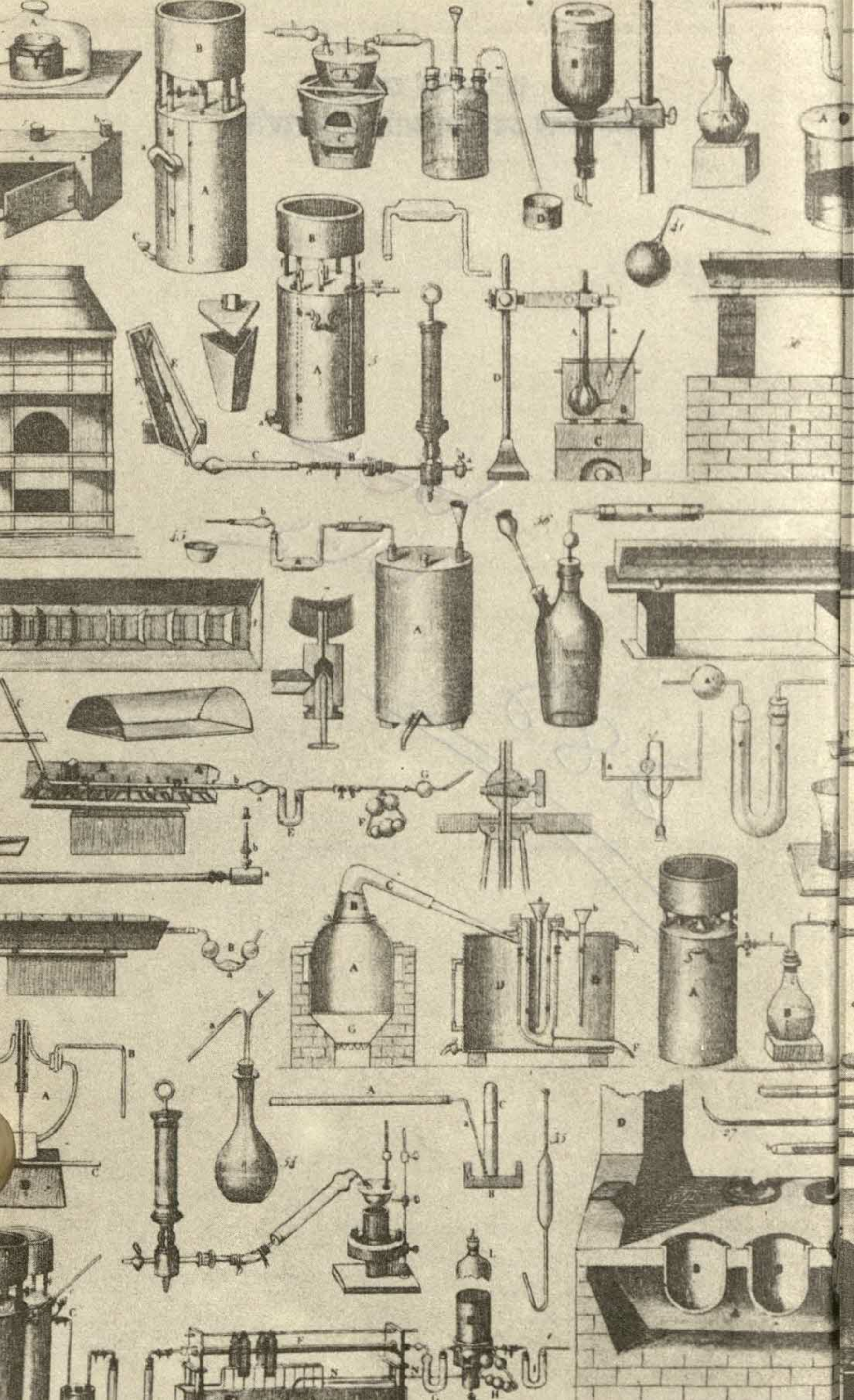
পারমাণবিক সংখ্যা

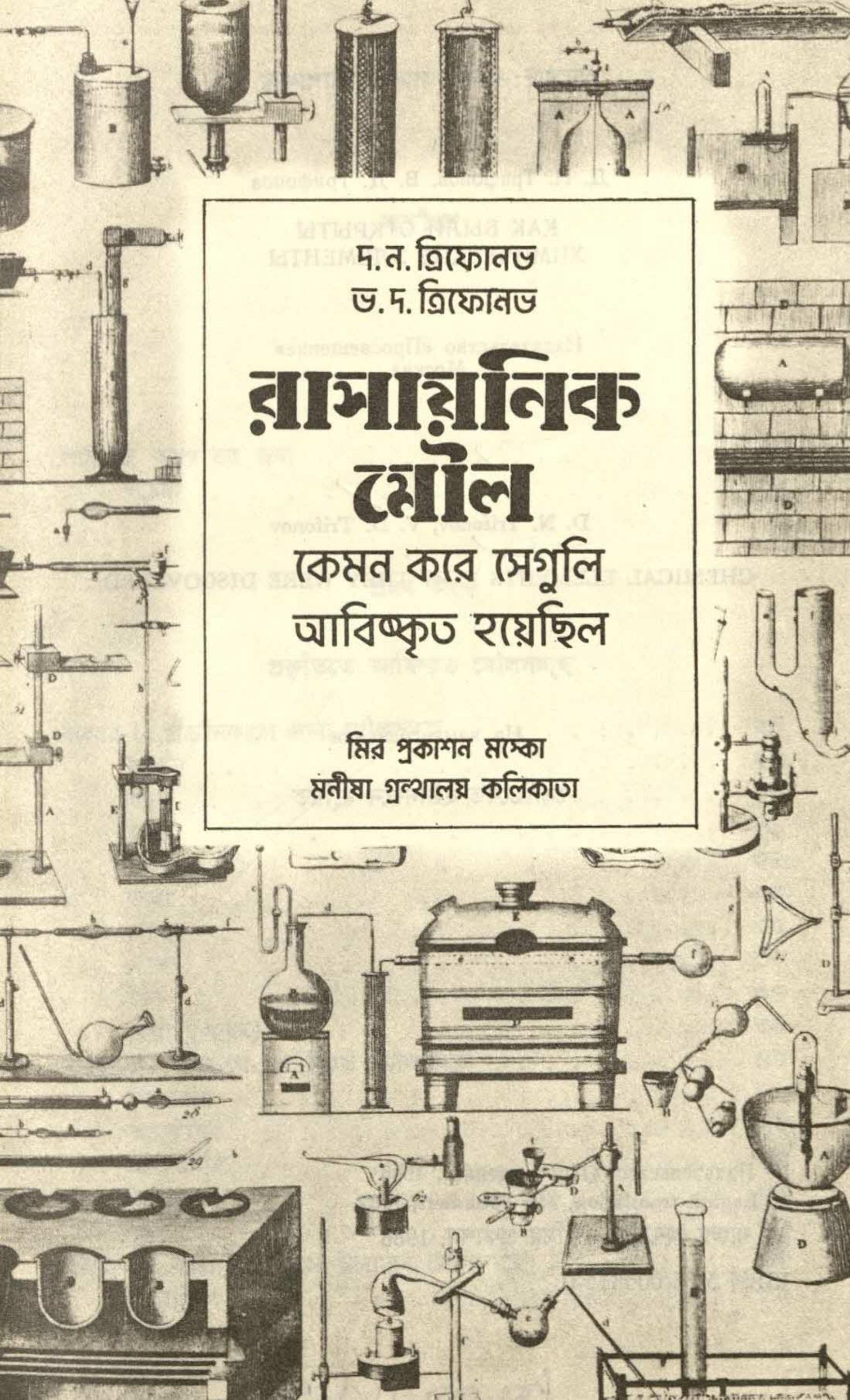
U 92
238.02$_9$
ইলেক্ট্রনের বিন্যাস — $5f^3 6d^1 7s^2$
ইউরেনিয়াম

Tb 65 158.9254 $4f^9 6s^2$ টার্বিয়াম	Dy 66 162.5$_0$ $4f^{10} 6s^2$ ডিসপ্রোসিয়াম	Ho 67 164.930$_4$ $4f^{11} 6s^2$ হলমিয়াম	Er 68 167.2$_6$ $4f^{12} 6s^2$ এর্বিয়াম	Tm 69 168.9343 $4f^{13} 6s^2$ থুলিয়াম	Yb 70 173.0$_4$ $4f^{14} 6s^2$ ইটারবিয়াম	Lu 71 174.96$_7$ $5d^1 6s^2$ লুটেশিয়াম

Bk 97 [247] $5f^8 6d^1 7s^2$ বার্কেলিয়াম	Cf 98 [251] $5f^{10} 7s^2$ ক্যালিফোর্নিয়াম	Es 99 [254] $5f^{11} 7s^2$ আইনস্টাইনিয়াম	Fm 100 [257] $^{12} 7s^2$ ফার্মিয়াম	Md 101 [258] $5f^{13} 7s^2$ মেন্ডেলিভিয়াম	(No) 102 [255] $5f^{14} 7s^2$	(Lr) 103 [256] $6d^1 7s^2$ লরেন্সিয়াম

রাসায়নিক মৌল
কেমন করে সেগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল





দ. ন. ত্রিফোনভ

ভ. দ. ত্রিফোনভ

রাসায়নিক মৌল

কেমন করে সেগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল

মির প্রকাশন মস্কো

মনীষা গ্রন্থালয় কলিকাতা

অনুবাদ: কানাই লাল মুখোপাধ্যায়

Д. Н. Трифонов, В. Д. Трифонов

КАК БЫЛИ ОТКРЫТЫ
ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Издательство «Просвещение»
Москва

D. N. Trifonov, V. D. Trifonov

CHEMICAL ELEMENTS HOW THEY WERE DISCOVERED

На языке бенгали

সোভিয়েত ইউনিয়নে মুদ্রিত

ISBN 5-03-000315-0

সূচীপত্র

দ্বিতীয় অংশ

সংশ্লেষিত মৌলসমূহ

পাঠকের অবগতির জন্য

রসায়নের ভাষায় নিজস্ব বর্ণমালা আছে। রাসায়নিক মৌলের সংকেতগুলি হলো এটির অক্ষর, যাদের সমবায়ে গঠিত বাক্যের সংখ্যা অসীম — রাসায়নিক যৌগগুলির বিভিন্নতা অসংখ্য। বর্তমানে চল্লিশ লক্ষেরও বেশী রাসায়নিক যৌগ জানা আছে এবং প্রতি সপ্তাহে এই সংখ্যা ছ'হাজার করে বৃদ্ধি পাচ্ছে। কার্যত, রসায়নে এই "বাক্য গঠন" হলো একটি বিরামহীন প্রক্রিয়া।

স্বতন্ত্র অক্ষরগুলির বা মৌলগুলির সংখ্যা সীমিত; আজ পর্যন্ত একশো সাতটি মৌল জানা আছে। রসায়নের ভাষার বর্ণমালা সংকলিত করতে কয়েক সহস্র বছর লেগে যাবে, কিন্তু মাত্র গত দু'শো বছরের মধ্যে বেশীরভাগ অক্ষরের পাঠোদ্ধার করা হয়েছে। এই স্বল্প সময়ের মধ্যে রসায়নশাস্ত্রটি বিজ্ঞান হিসাবে আত্মপ্রকাশ করেছে।

স্বতন্ত্র আশিটি মৌল নানাভাবে সংযুক্ত হয়ে রাসায়নিক যৌগগুলি সৃষ্টি করে, যা দিয়ে সমস্ত জৈব ও অজৈব পদার্থগুলি গঠিত। অবশিষ্ট জানা মৌলগুলি কার্যত প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। বিজ্ঞানীগণ পারমাণবিক বিক্রিয়ার সাহায্যে কৃত্রিমভাবে এই মৌলগুলিকে প্রস্তুত করেছেন। আরো নতুন মৌল এইভাবে প্রস্তুত সম্ভব, যাদের সংখ্যা কিন্তু আমাদের জানা নেই। কিন্তু এটা ঠিক যে, রাসায়নিক বর্ণমালাটি এখনও সম্পূর্ণ হয়নি।

এই বইয়ে আমরা আলোচনা করবো কেমন করে রসায়নের বর্ণমালার নক্শা নির্ধারিত হয়েছে এবং কেমন করে গবেষকদের অনুসন্ধিৎসু মন একটির পর একটি মৌল আবিষ্কার করেছেন।

কার্যত সমস্ত রাসায়নিক মৌলসমূহ সম্বন্ধে বহু বই লেখা হয়েছে, যা একটি বড় লাইব্রেরীর পক্ষে যথেষ্ট। রাসায়নিক মৌল সমৃদ্ধ খনিজ ও আকরিক, মৌলের নিষ্কাশন, মৌলগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম এবং

ব্যবহার তাঁরা লিপিবদ্ধ করেছেন। কিছু মৌল অবিশ্বাস্যরকম বেশী পরিমাণে বিরাজ করছে: — মানবকল্যাণে নানাভাবে এবং অপ্রত্যাশিত ক্ষেত্রে সেগুলিকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। বর্তমানকালে বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির অগ্রগতির ক্ষেত্রে প্রত্যেকটি মৌলের গুরুত্বপূর্ণ নিজস্ব অবদান আছে।

আবিষ্কারের সঙ্গে সঙ্গে রাসায়নিক মৌলগুলির ইতিহাসটি আরম্ভ হয়েছে। বৃহদায়তন বইগুলিতে মৌলদের সম্বন্ধে বিশদভাবে লেখা থাকলেও মৌলদের আবিষ্কারের সম্বন্ধে খুব কম মনোযোগ দেওয়া হয়েছে, এটি মানুষের জ্ঞানের ইতিহাসের অন্যতম প্রধান দিক।

প্রত্যেক মৌলের "আত্মজীবনী" আছে, যা স্বীয় পথে আকর্ষণীয় বটে। অনেক মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসটি সামগ্রিকভাবে বিচার করা হয়নি এবং একাধিক অস্পষ্ট ব্যাপারকে রসায়নের ইতিহাসবেত্তাদের সুস্পষ্ট করা উচিত। হতে পারে, আপনিও তাঁদের একজন...।

সূচনা

প্রায় আশী বছর আগে জার্মেনিয়াম মৌলের [যেটিকে দ. মেণ্ডেলেয়েভ (D. Mendeleev) "একা-সিলিকন" নামে বহু পূর্বে ভবিষ্যদ্বাণী করেন] আবিষ্কারক জার্মান রসায়নবিদ উইনক্লের (Winkler) মৌলের জগতটিকে নাট্যমঞ্চের সঙ্গে তুলনা করেন, যেখানে মৌলগুলি বিভিন্ন চরিত্রে অংশ নিয়ে একটির পর একটি দৃশ্যের অবতারণা করে। তিনি বলেছিলেন, 'প্রত্যেকটি মৌল তার নিজস্ব ভূমিকায় অংশ নেয়, কখনও গৌণ ভূমিকায়, কখনও মুখ্য ভূমিকায়।'

এইভাবে বিজ্ঞানীগণ ইতোমধ্যে আবিষ্কৃত এবং মানুষের জানা মৌলগুলির বৈশিষ্ট্য নির্ধারণ করেছিলেন।

আবিষ্কারের ইতিহাসের দৃষ্টিকোণ থেকে বলা যায়, গৌণ বা মুখ্য মৌল বলে কিছু নেই। আমাদের দৃষ্টি আকর্ষণ করতে সমস্ত মৌলই সমান দাবী করতে পারে।

অতএব এটা আমাদের ওপর নির্ভর করছে যে, মৌলগুলির আবিষ্কারের ইতিহাসটি কোন্ ক্রম অনুযায়ী উপস্থিত করা উচিত।

ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী আমরা মৌলগুলিকে বর্ণনা করতে পারি, যেমন — হাইড্রোজেন, হিলিয়াম, লিথিয়াম... এবং এভাবে 107 তম মৌল। এই 107 তম মৌলটিকে এখনও পর্যন্ত নামকরণ করা হয়নি। অথবা পর্যায় সারণীর বিভিন্ন শ্রেণীতে উপস্থিত মৌলগুলির শ্রেণীর ক্রম অনুযায়ী আমরা মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসটিকে উপস্থিত করতে পারি। কিংবা মৌলদের নামের বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী বর্ণনা করতে পারি।

আমরা বিশ্বাস করি যে, এসব উপায়ে উপস্থাপনায় খুব একটা সফল হওয়া যায় না, কারণ এতে ইতিহাসের কালপঞ্জী বিকৃত হয়, এবং কেবলমাত্র

এই কালপঞ্জীকে ভিত্তি করে এখানে আমরা মৌলগুলিকে উপস্থিত করতে চাই।

কিন্তু "রাসায়নিক মৌল" বলতে কী বুঝি সেটা প্রথমে আমরা স্পষ্ট করে বুঝতে চেষ্টা করি।

"রাসায়নিক মৌল" সম্বন্ধে ধারণা

এক বিশেষ ধরনের পরমাণুর সমগ্রতাটি হলো কোন একটি মৌল। পরমাণু-কেন্দ্র বা কেন্দ্রীণ এবং ইলেক্ট্রন দিয়ে পরমাণু গঠিত। ইলেক্ট্রনগুলি কেন্দ্রীণকে কেন্দ্র করে আবর্তিত হয়। কেন্দ্রীণে অখণ্ড ধনাত্মক আধান থাকে, যাকে ল্যাটিন অক্ষর Z দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। কেন্দ্রীণে অবস্থিত অবপারমাণবিক মৌলিক কণার (প্রোটনের) সংখ্যা দিয়ে আধানকে নির্ণয় করা হয়। প্রোটন (ধনাত্মক) এবং ইলেক্ট্রনের (ঋণাত্মক) আধানের মাত্রা সমান। তার মানে কেন্দ্রীণের প্রোটনের সংখ্যা দিয়ে পরমাণুর ইলেক্ট্রন কক্ষে অবস্থিত ইলেক্ট্রনের সংখ্যাও নির্ধারিত হয়। ইলেক্ট্রন কক্ষে ইলেক্ট্রনগুলি কেমন করে বিন্যাসিত হয়ে আছে, তার ওপর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম ও আচরণ নির্ভর করে। পক্ষান্তরে কেন্দ্রীণের আধানের(Z) ওপর নির্ভর করে মৌলিকত্ব বা প্রকৃতি। এছাড়া Z পর্যায় সারণীতে মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক নির্দেশিত করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, অক্সিজেন পরমাণুর (পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক আট) কেন্দ্রীণে মোট আটটি ধনাত্মক আধান আছে অর্থাৎ কেন্দ্রীণে আটটি প্রোটন আছে।

অতএব কেন্দ্রীণে অভিন্ন আধান (Z) বিশিষ্ট পরমাণুগুচ্ছের সমষ্টি হলো কোন একটি মৌল এবং Z, পর্যায় সারণীতে মৌলটির অবস্থান নির্ধারত করে।

একই মৌলের পরমাণুগুলি কি একে অন্যের সঙ্গে বিসদৃশ হতে পারে? এটির উত্তর হাঁ-ধর্মী বলে প্রমাণিত হয়েছে। প্রোটন ছাড়াও কেন্দ্রীণে নিউট্রন থাকে। ভরের পরিপ্রেক্ষিতে প্রোটনের থেকে নিউট্রনের সামান্যই পার্থক্য আছে। পক্ষান্তরে নিউট্রনের কোন আধান নেই, অর্থাৎ আধান-নিরপেক্ষ। নিউট্রন ছাড়া কেন্দ্রীণ হয় না (কেবলমাত্র ব্যতিক্রম হলো হালকাতম মৌল হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ধরনের পরমাণু আছে, যাদের কেন্দ্রীণে নিউট্রন আছে)। কেন্দ্রীণে অবস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনের মোট ভর হলো কোন পরমাণুর ভর, কারণ ইলেক্ট্রনের ভর খুবই নগণ্য (একটি প্রোটন একটি

ইলেক্ট্রনের থেকে 1840 গুণ ভারী)। কোন মৌলের বিভিন্ন ধরনের পরমাণু যার কেন্দ্রীণে বিভিন্ন সংখ্যায় নিউট্রন উপস্থিত, তাদের সমস্থানিক পরমাণু বা সমস্থানিক বলে। গ্রীক শব্দ "isos" মানে "সম" এবং "topos" মানে "স্থান" থেকে সমস্থানিক (isotope) শব্দটা এসেছে। এর মানে একই মৌলের সকল সমস্থানিক পর্যায় সারণীতে অভিন্ন জায়গায় অবস্থান করে। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত তিন-চতুর্থাংশ মৌলেরই সমস্থানিক আছে, বা বলা যেতে পারে তিন চতুর্থাংশ মৌলই সমস্থানিক বিশিষ্ট। অবশিষ্ট মৌলের সমস্থানিক নেই অর্থাৎ তাদের এক প্রকার পরমাণুই কেবলমাত্র আছে।

"একটি রাসায়নিক মৌলের'' ধারণাটি যদিও স্পষ্ট বলে মনে হয়, কিন্তু বাস্তবিক ক্ষেত্রে, এটি একটি বিমূর্ত শর্ত, যা (কেন্দ্রীণে) নির্দিষ্ট আধান বিশিষ্ট পরমাণুগুলিকে নির্দেশিত করে। বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের উপাদান বা সরল পদার্থ হিসেবে কার্যত আমরা মৌলগুলিকে বিচার করি। কোন মৌলের মুক্ত অবস্থাটিকে সরল পদার্থ বলা হয়, যার দ্বারা মৌলটি কেমন দেখতে হয় — তা জানা যায়। কিছু মৌল প্রকৃতিতে কেবলমাত্র মুক্ত অবস্থায় থাকে, অন্যগুলি মুক্ত ও যুক্ত অবস্থায় (যৌগরূপে) এবং কিছু মৌল কেবলমাত্র অন্য মৌলের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। বিশেষ করে শেষোক্ত শ্রেণীর মৌলগুলি সংখ্যায় অনেক। মৌলগুলির আবিষ্কারের ইতিহাসের ওপর প্রকৃতিতে মৌলগুলি কী রূপে অবস্থান করছে, তার গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে।

"মৌল" নামটি কোথা থেকে এলো?

এই প্রশ্নে রসায়নের ইতিহাসবেত্তাদের মধ্যে ঐক্য নেই এবং মোটামুটি আপাতগ্রাহ্য মতটি কেবলমাত্র ধরে নিতে পারা যায়। কারণ বর্তমান কালে রাসায়নিক মৌল যে-অর্থে ব্যবহৃত হয়, তার পরিপ্রেক্ষিতে প্রাচীনকালে "মৌলের" ধারণাটি ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হতো। এটি বহুলাংশে দার্শনিকের মতবাদের ন্যায় ছিল।

প্রকল্পগুলির অন্যতম একটি, যা এটিকে ব্যাখ্যা করে, তা নিম্নে দেওয়া হলো — element (মৌল) শব্দটি ল্যাটিন বর্ণমালা L, m, n এবং t থেকে উদ্ভূত; সেখানে এগুলি উচ্চারিত হয় যথাক্রমে 'el', 'em', 'en', 'te' (ল্যাটিনে এটি "elementum")। সম্ভবত 'element' শব্দটি এইভাবে গঠিত হয়েছে বলে বিজ্ঞানীগণ এইটার ওপর জোর দিতে চান যে, যেমন করে

অক্ষর সমবায়ে বাক্য গঠিত হয় তেমনি বিভিন্ন যৌগগুলি মৌলের সমবায়ে গঠিত। এই ব্যাখ্যাটি যেমন সরল তেমন অভাবনীয়। এছাড়া অন্য ব্যাখ্যাও আছে, কিন্তু সেগুলির ওপর আমরা মনোযোগ দেবো না।

"একটি মৌল" কেমন করে "একটি রাসায়নিক মৌল" হয়েছিল

পরমাণুর বর্তমান গঠনটির হওয়ার অনেক আগে মৌলের ধারণাটি ছিল সম্পূর্ণ কল্পনামূলক। প্রাচীনকালের অন্যতম শ্রেষ্ঠ দার্শনিক অ্যারিস্টোট্‌ল (Aristotle) মৌলের একটি সংজ্ঞা দেন। তিনি বলেছিলেন, 'মৌল হলো সরল বস্তু, যাদের সমবায়ে মহাবিশ্ব গঠিত এবং যার যে কোনটিকে অন্যটিতে রূপান্তর করা যাবে না।' অ্যারিস্টোট্‌ল বিশ্বাস করতেন যে, একটি প্রাথমিক পদার্থ আছে, যার চারটি মৌলিক গুণ আছে: তাপ, শীতলতা, শুষ্কতা এবং আর্দ্রতা। এগুলির সমবায়ে গঠিত হয় জড় মৌল, যেমন আগুন, জল, বাতাস এবং মাটি। অ্যারিস্টোট্‌লের মতবাদ অনুযায়ী সকল বস্তুই এই সকল মৌল দ্বারা গঠিত। কিমিয়াবিদ্যার এবং বহু শতাব্দী ধরে অনেক প্রাকৃতিক দার্শনিক গোষ্ঠির তত্ত্বগত ভিত্তি ছিল অ্যারিস্টোট্‌লের এই মতবাদটি।

ষোড়শ শতাব্দীতে বিখ্যাত ডাক্তার ও বিজ্ঞানী প্যারাসেল্‌সাস (Paracelsus) মৌলকে "মাটির অনেক কাছাকাছি" আনেন। তিনি প্রস্তাব করেন যে, সকল পদার্থ সৃষ্টি হয় তিনটি উৎস থেকে: পারদ, লবণ এবং গন্ধক; সেগুলি যথাক্রমে উদ্বায়িতা, কাঠিন্যতা এবং জ্বলনশীলতা (বা দাহ্যতা) গুণের বাহক।

সপ্তদশ শতাব্দীতে বিশিষ্ট ইংরেজ রসায়নবিদ রবার্ট বয়েল (Robert Boyle)-এর মতবাদ থেকে মৌলের স্বরূপটি সঠিকভাবে উপলব্ধি করার আভাস পাওয়া যায়। মৌলগুলি কিছু গুণের বাহক, এই যুক্তির সমালোচনা করেন বয়েল তাঁর 'দি স্কেপ্টিক্যাল কেমিষ্ট' (The Sceptical Chemist) বইয়ে। বয়েলের মতানুসারে মৌলগুলি অবশ্যই জড় পদার্থ বিশিষ্ট হবে এবং তারা কঠিন পদার্থ গঠন করে। মৌলের সংখ্যা সীমিত, এই মতবাদের বিপক্ষে ছিলেন রবার্ট বয়েল। এর ফলে নতুন মৌলের আবিষ্কারের সম্ভাব্য দিকটি তিনি খুলে দিয়েছিলেন। তা সত্ত্বেও, একটি রাসায়নিক মৌল যে কী সেটি সম্পূর্ণ রূপে বুঝতে অনেক পথ অতিক্রম করতে হয়েছিল এবং এর

জন্য বিজ্ঞানীরা নতুন মৌল আবিষ্কারটিকে সঠিকভাবে ব্যাখ্যা করতে পারেননি।

অ্যান্টইনে ল্যাভয়সিয়ের (Antoine Lavoisier)-এর দৃষ্টিভঙ্গী এক্ষেত্রে বিলক্ষণ অগ্রসর হয়েছিল। সরল বস্তু সম্বন্ধে তিনি তাঁর স্পষ্ট ধারণাটি ব্যক্ত করেন: তিনি বিশ্বাস করতেন, যে পদার্থগুলিকে বিজ্ঞানীগণ কোন উপায়েই বিভাজিত করতে পারতেন না; সেই সকল পদার্থকে মৌল বা মৌলিক পদার্থ বলে। তিনি সকল সরল বস্তুদের চারিটি শ্রেণীতে বিভক্ত করেন।

প্রথম শ্রেণীতে আছে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, এ ছাড়াও আলো এবং থার্মোজেন (thermogen) (সেটি অবশ্য একটি ভুল)। এই সকল সরল বস্তুগুলিকে ল্যাভয়সিয়ের সত্যিকারের মৌল বলে মনে করতেন। দ্বিতীয় শ্রেণীতে রাখেন গন্ধক, ফসফরাস, কয়লা এবং মিউরিয়েটিক অ্যাসিডের মূলক (পরে যাকে ক্লোরিন বলা হয়), হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের মূলক (ফ্লোরিন) এবং বোরিক অ্যাসিডের মূলক (বোরন)। ল্যাভয়সিয়েরের মতানুসারে এই সকল সরল অধাতব মৌল জারিত হতে পারে এবং অ্যাসিড সৃষ্টি করে। তৃতীয় শ্রেণীতে আছে সরল ধাতব মৌল: অ্যান্টিমনি, রূপো, আর্সেনিক, বিসমাথ, কোবাল্ট, তামা, টিন, লোহা, ম্যাঙ্গানিজ, পারদ, মলিবডেনাম, নিকেল, সোনা, প্ল্যাটিনাম, সীসা, ট্যাংস্টেন এবং দস্তা। এগুলিও জারিত হয়ে অ্যাসিড উৎপাদন করতে পারে। অবশেষে চতুর্থ শ্রেণীতে আছে লবণসৃষ্টিকারী যৌগ ["মৃত্তিকা" (earth)], সেগুলি আসলে জটিল বস্তু বলে জানা আছে — চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড), ম্যাগনেশিয়া (ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড), ব্যারাইটা (বেরিয়াম অক্সাইড), অ্যালুমিনা (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড), এবং সিলিকা (সিলিকন অক্সাইড)। এই পদার্থগুলি অজ্ঞাত মৌলের অক্সাইড, এটি 1789 খ্রিস্টাব্দে কেবলমাত্র একটি অনুমানের ব্যাপার ছিল। এই শ্রেণীবিভাগ এবং মতামতটি ছিল আরো বেশী বিভ্রান্তিমূলক এবং কুয়াশাচ্ছন্ন। তা সত্ত্বেও, এগুলি প্রাকৃতিক মৌলগুলির সম্বন্ধে ব্যাপক গবেষণার কাজে ব্যবহৃত হয়েছিল।

ল্যাভয়সিয়ের "মৌল" এবং "সরল বস্তুর" ধারণার মধ্যে কোন পার্থক্য করেননি। ঊনবিংশ শতাব্দীতে পারমাণবিক এবং আণবিক তত্ত্বের উন্নতিতে এবং দ. ই. মেন্ডেলেয়েভের কাজের জন্য মৌল এবং সরল বস্তুগুলিকে স্পষ্ট করে বিবৃত করা সম্ভব হয়েছিল।

মৌলগুলির আবিষ্কারের কি কোন ক্রমপর্যায় ছিল?

এই প্রশ্নটি বইয়ের শেষে রাখলে, অনেক বেশী যুক্তিসম্মত হয় বলে মনে হয়। কারণ, ইতোমধ্যে পাঠক প্রত্যেকটি মৌলের আবিষ্কারেরর ইতিহাসের সঙ্গে পরিচিত হয়ে যাবে। প্রত্যেকটি আলোচনা তথ্য-নির্ভর হওয়া উচিত এবং যথা সময়ে তা আমরা করবো। এখানে আমরা যে সমস্যার কথা বললাম, তার সাধারণ ছবির ওপর "এক নজর চোখ বুলিয়ে নেবো"।

এই বইয়ের 293-296 পৃষ্ঠা খুলুন, সেখানে মৌলগুলির আবিষ্কারের কালপঞ্জীর তালিকাটি দেওয়া আছে। এগুলির মধ্যে কোন্‌গুলি প্রথম আবিষ্কৃত হয়েছিল? এই তালিকায় দশটি মৌলের ক্ষেত্রে আবিষ্কারের তারিখের স্তম্ভে সঠিক তারিখটির পরিবর্তে "প্রাচীন কাল থেকে জানা আছে" এই কথাগুলি দেওয়া আছে। প্রাচীনকালের ধারণাটা বাস্তবিক একটু অস্পষ্ট, এই কথাগুলি দিয়ে এইটাই বোঝানো হয় যে, আমাদের সময়ের বহুপূর্বে এই মৌলগুলি জানা ছিল। অবশ্য আমরা জানি না কে এগুলি আবিষ্কার করেছেন। যাদের বিজ্ঞানটি রসায়নের থেকে বহু দূরে, সেই প্রত্নতত্ত্ববিদরা প্রাচীনকালের কোন্ সময় মানুষ এই মৌলগুলি প্রথম ব্যবহার করেছিল, তার সম্বন্ধে মোটামুটি সঠিক তথ্য পরিবেশন করেন (যদিও, মৌল হিসেবে উপলব্ধি করা ব্যতিরেকে)। এখানে প্রাচীনকাল থেকে জানা মৌলের তালিকাটি দেওয়া হলো: লোহা, কার্বন (অঙ্গার), সোনা, রুপো, পারদ (পারা), টিন, তামা, সীসা, গন্ধক। এমনকি রসায়নের প্রাথমিক শিক্ষার্থীও জানে যে, এই মৌলগুলি তাদের ধর্মে খুবই বিসদৃশ। তাহলে মৌলগুলির আবিষ্কারের তালিকায় কেন এগুলি প্রথম স্থানে আছে? পৃথিবীতে এগুলি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়, এইটাই কি এর কারণ (বইয়ের শেষ পাতায় দেখুন)?

প্রাপ্তি প্রাচুর্যে, লোহা এবং কার্বন প্রথম দশটি মৌলের তালিকায় আছে। গন্ধকের প্রাচুর্য মোটামুটি মন্দ নয়। অবশিষ্টরা পৃথিবীতে বিরল।

প্রাপ্তির প্রাচুর্যের তালিকায় শীর্ষ স্থানে আছে অক্সিজেন, সিলিকন এবং অ্যালুমিনিয়াম। মানুষ অক্সিজেনকে শ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করে, তা যে একটি রাসায়নিক মৌল সেটা অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ পর্যন্ত মানুষ জানতোই না। পৃথিবীর (ভূত্বকের) প্রধান পদার্থটি হলো সিলিকন, সেটি ঊনবিংশ

শতাব্দীতে আবিষ্কৃত হয়েছিল, যেমনটি ঘটেছিল অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে, যদিও মাটি (যাতে অ্যালুমিনা আছে) বহুযুগ আগে থেকেই ব্যবহৃত হয়ে আসছে।

এগুলি এইটাই প্রতিপন্ন করে যে, রাসায়নিক মৌলের প্রাপ্তির প্রাচুর্য এবং এগুলির আবিষ্কারের তারিখের সঙ্গে কোন ক্রমেই সম্বন্ধযুক্ত নয়। অতএব "যত বেশী তত আগে" এই উক্তিটা ভুল। কিন্তু, তবে কেন এই মৌলগুলি স্মরণাতীত কাল থেকে জানা আছে?

এই মৌলগুলির ধর্মের পার্থক্য থাকা সত্ত্বেও এগুলির কিছু ব্যাপার সাধারণ ছিল। এগুলির মধ্যে বেশীভাগ প্রকৃতিতে যৌগরূপে না থেকে সরল পদার্থ রূপে থাকে। উদাহরণস্বরূপ বর্তমান কালেও সোনার পিন্ড প্রাপ্তির খবর আমরা দেখতে পাই। এগুলিকে খুঁজে বার করতে কোন রাসায়নিক পরীক্ষার দরকার হয় না, চাক্ষুষ অনুসন্ধানই যথেষ্ট। রুপো ও গন্ধক ভূত্বকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় (কিন্তু সাধারণত খনিজের উপাদান রূপ), মুক্ত অবস্থায় তামা এবং পারদের সাক্ষাৎ লাভ খুব কমই ঘটে। মৌলসমূহের মধ্যে এগুলিকে কেন মানুষ প্রথম আবিষ্কার করেছিল, এইটি তার কারণ। কার্বনের একটি বিশিষ্ট স্থান আছে; বোধ হয় এইটি কার্যত প্রথম মৌল, যেটি সর্বপ্রথম শিবিরের রান্নার জন্যে প্রজ্জ্বলিত আগুনের কাঠকয়লা (ছাই) রূপে নিজের উপস্থিতি ঘোষণা করেছিল। মানব জাতির ইতিহাসের বিশেষ যুগটি সূচনা করেছিল লোহা, লৌহযুগ নামে। অনেক বিজ্ঞানী বিশ্বাস করেন যে, উল্কাপিন্ড থেকে প্রাপ্ত মুক্ত লোহাকেই আমাদের পূর্বপুরুষগণ প্রথম ব্যবহার করে। এর পরে প্রাচীন কালের ধাতুবিদগণ আকরিক থেকে লোহা নিষ্কাশন করতে শিখেছিলেন। খনিজ থেকে টিন ও সীসা ভস্মীকরণের দ্বারা নিষ্কাশিত হয়েছিল। যৌগ থেকে এই সকল ধাতু নিষ্কাশনের ব্যাপারটা (যাকে বর্তমানে বিজারণ পদ্ধতি বলে) খুবই সরল ছিল এবং এগুলি এমন লোকেরা করতেন, যাদের রাসায়নিক পদ্ধতির বিন্দুমাত্র জ্ঞানও ছিল না।

বিভিন্ন সময়ে এবং পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে লোকেরা এই মৌল সেই মৌল ব্যবহার করতে আরম্ভ করে। অতএব আবিষ্কারের সবচেয়ে সঠিক তারিখটি সাধারণত মৌলটির সর্ব প্রথম উল্লিখিত ব্যবহারের সময় থেকে পাওয়া যায়। স্পষ্টত, আবিষ্কার শব্দটি এখানে বিধি বহির্ভূত এবং যখন মানুষের জ্ঞানের সীমা বেশ উন্নত, সেই পরবর্তী কালের অর্থের সঙ্গে এটির প্রায় কোন সঙ্গতিই নেই।

অষ্টাদশ শতাব্দীর দ্বিতীয় ভাগেই কেবলমাত্র রাসায়নিক মৌলগুলির আবিষ্কারের যুগটি সূচিত হয়। পূর্ববর্তী বহু সহস্র বছরের মধ্যে আবিষ্কৃত হয়েছিল মাত্র পাঁচটি মৌল: আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ, ফসফরাস এবং দস্তা। পরশপাথর লাভের বৃথা চেষ্টা করতে গিয়ে কিমিয়াবিদগণ হঠাৎ এই মৌলগুলিকে আবিষ্কার করেছিলেন। এই মৌলগুলির অদ্ভুত ধর্মগুলিকে তাঁরা স্বীয় কার্যে লাগিয়েছিলেন — যেমন অন্ধকারে ফসফরাসের বিস্ময়কর প্রতিপ্রভা এবং আর্সেনিক যৌগের অস্বাভাবিক বৈশিষ্ট্য।

নতুন রাসায়নিক মৌল আবিষ্কার রুটিন মাফিক ব্যাপার হয়ে দাঁড়ালো এবং দুটি শর্ত পূরণের পর এটি আর সৌভাগ্যের ব্যাপার রইলো না। সর্বপ্রথম, রসায়ন ক্রমশ স্বতন্ত্র ও স্বাবলম্বী বিজ্ঞানরূপে আকার নিতে আরম্ভ করেছিল; এর পরীক্ষা পদ্ধতিগুলি ছিল সন্তোষজনক এবং বিজ্ঞানীগণ খনিজগুলির গঠন নির্ণয় করতে শিখেছিলেন; সে খনিজগুলি ছিল রাসায়নিক মৌলের গুপ্তধন। দ্বিতীয়ত, বেশীরভাগ বিজ্ঞানীরা অবশেষে রাসায়নিক মৌলের ধারণায় সহমতে পৌঁছেছিলেন। গুরুত্বপূর্ণ বৈশ্লেষিক যুগের সূচনাতে রসায়নশাস্ত্র উন্নতির সোপানে উঠতে আরম্ভ করে, যখন প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বহু মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল।

বিশেষত, হাইড্রোজেন এবং বায়ুমন্ডলে অবস্থিত মৌল গ্যাস নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আবিষ্কারের ইতিহাসটি বেশ আকর্ষণীয়। গ্যাস সংক্রান্ত রসায়নের উন্নতিতে এটা সম্ভব হয়েছিল। বহু কাল ধরে গ্যাস সংক্রান্ত গবেষণাটি পদার্থবিদদের বিশেষ অধিকারে ছিল এবং বহুকাল ধরে নতুন গ্যাস আবিষ্কারকদের ধারণা ছিল যে, নতুন গ্যাসটি আসলে এক বিশেষ ধরনের বায়ু (বা বাতাস)। এই বিশেষ ধরনের বাতাস আসলে রাসায়নিক মৌল, এই ধারণায় আসতে বিলম্ব হয়েছিল। পুরোনো তত্ত্বের পুনর্মূল্যায়ন, এইটাই সর্বপ্রথম, মূলত প্রয়োজন ছিল তথাকথিত ফ্লোজিস্টন তত্ত্ব বাতিল করা, যেটি দহনের প্রাথমিক পদার্থ বলে বিশ্বাস করা হতো। ফ্লোজিস্টন তত্ত্বে আমরা পরে ফিরে আসবো। এই উদ্যমগুলি বিজ্ঞানীদের যথোচিত পুরস্কৃত করেছিল: নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের আবিষ্কার, আধুনিক রসায়নের গুরুত্বপূর্ণ ধারণাটিকে আগিয়ে নিয়ে যেতে দারুণ ভূমিকা নিয়েছিল, যেমন রসায়নের তত্ত্বীয় ভিত্তি এবং প্রায়োগিক কৌশলকে।

অতএব, অক্সিজেন (প্রাচুর্যের তালিকায় শীর্ষে থাকা মৌল, যা ভূত্বকের প্রায় অর্ধেকটা জুড়ে আছে) এত পরে আবিষ্কার হওয়াটা কখনই স্ববিরোধী

বলে মনে হয় না। অক্সিজেনকে একটা নতুন সরল পদার্থ হিসেবে সনাক্ত করতে রসায়নশাস্ত্রকে তার পায়ের ওপর দ৻ঢ়ভাবে দাঁড়াতে হয়েছিল। এর জন্য উপযুক্ত গবেষণা পদ্ধতিগুলির দরকার ছিল।

নিয়ত পুনর্সংশোধিত করা একাধিক বৈশ্লেষিক পদ্ধতিগুলি ছিল প্রধান চাবিকাঠি, যা ধাপে ধাপে নতুন মৌলগুলি আবিষ্কারের দিকে নিয়ে গিয়েছিল। কিন্তু পর্যায় সারণীর সব ঘরগুলি ভর্ত্তি করতে রাসায়নিক বিশ্লেষণ একা যথেষ্ট ছিল না। বিজ্ঞানীগণ অনেক নতুন মৌলের অস্তিত্বের কথা ভবিষ্যদ্বাণী করেন, এমন নয় যে তাঁরা সেগুলি আবিষ্কার করেছিলেন, আলঙ্কারিকভাবে বলতে গেলে এগুলি পরীক্ষানলে আবিষ্কৃত হয়নি। প্রকৃতিতে এই সকল মৌলের অস্তিত্ব অন্য উপায়ে জানা গিয়েছিল [বিশেষত, সেগুলির উপস্থিতি (প্রাচুর্য) ভূ-ত্বকে খুবই কম]।

খনিজ এবং আকরিক দিয়ে ভূ-ত্বক সৃষ্টিতে কোটি কোটি বছর প্রয়োজন হয়েছিল এবং এই প্রক্রিয়াটি প্রকৃতির অনেক খামখেয়ালীর সাক্ষী হয়ে আছে, যা ভূ-রাসায়নিক সূত্রগুলিকে আরো সঠিকভাবে প্রতিফলিত করে। কম ভাগ্যবান, বিশিষ্ট কিছু মৌল ছিল, যেগুলি তাদের খনিজ উৎপাদনে ব্যর্থ ছিল। তার মানে এমন পদার্থ, যাতে এগুলি প্রধান উপাদান বা কমপক্ষে লক্ষণীয় উপাদান নয়। অন্যান্য অনেক মৌলের খনিজগুলির সঙ্গে এই সব মৌলগুলি মিশ্র পদার্থ হিসেবে বিদ্যমান থাকে। ভূ-ত্বকে এগুলি অত্যন্ত বিস্তৃত হয়ে থাকে বলে মনে হয়, এগুলিকে কণা মৌল (trace element) বলে। কেবলমাত্র খুব কম ক্ষেত্রে এই মৌলগুলি তাদের খনিজ উৎপাদন করে এবং বিজ্ঞানীগণের ভাগ্য সুপ্রসন্ন হলেই কেবল এই খনিজগুলির সাক্ষাৎ লাভ ঘটে এবং তখুনি রাসায়নিক বিশ্লেষণের মূল লক্ষ্য হবে নতুন মৌল আবিষ্কার। এর পরে আমরা দেখবো যে, এমনটিই ঘটেছিল জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে, যেটি অত্যন্ত বিরল খনিজ আর্জিরোডাইট থেকে নিষ্কাশিত হয়েছিল।

অন্যান্য কণামৌলের ইতিহাসটি সম্পূর্ণ ভিন্ন ছিল। সিজিয়াম, রুবিডিয়াম, ইন্ডিয়াম, থ্যালিয়াম এবং গ্যালিয়াম হলো নতুন রাসায়নিক মৌলের শ্রেষ্ঠ উদাহরণ, যেগুলি রাসায়নিক পরীক্ষার সাহায্য ছাড়াই সর্বপ্রথম সনাক্ত করা হয়েছিল। অদ্ভুত দর্শনার্থী কার্ডের সাহায্যে (যা এগুলির বর্ণালি ছিল) এই মৌলগুলি তাদের অস্তিত্ব জাহির করেছিল। গবেষণার নতুন পদ্ধতি — বর্ণালি বিশ্লেষণের সাহায্যে এই মৌলগুলিকে আবিষ্কার করা হয়েছিল। গ্যাসদীপের শিখায় এক কণা বস্তু যোগ করার ফলে উৎপন্ন আলো প্রিজমের মধ্যে দিয়ে অতিক্রম করলে, প্রতিসৃত রশ্মিগুচ্ছটি

ছিল বিভিন্নভাবে সজ্জিত বিভিন্ন বর্ণের একাধিক বর্ণালি রেখার সমষ্টি। জানা মৌলের বর্ণালি বিশ্লেষণ করে বিজ্ঞানীগণ এই সিদ্ধান্তে এসেছিলেন যে প্রত্যেকটি মৌলের নিজস্ব বর্ণালি আছে। অচিরেই বর্ণালি বিশ্লেষণ হয়ে উঠেছিল গবেষণার এক শক্তিশালী হাতিয়ার। কোন যৌগের বর্ণালিতে যদি অজ্ঞাত রেখা পাওয়া যায়, তবে এটা ভাবা খুবই সঙ্গত যে, যৌগটিতে নতুন মৌল আছে। ঠিক এই ভাবেই সিজিয়াম, রুবিডিয়াম, ইন্ডিয়াম, থ্যালিয়াম এবং গ্যালিয়াম আবিষ্কৃত হয়েছিল। যাহোক, এইসব ক্ষেত্রে নতুন মৌলের অস্তিত্ব ঘোষণায় বিজ্ঞানীদের সাহস দেখাতে হয়েছিল। কারণ তাঁদের হাতে এই মৌলগুলির একদানাও ছিল না এবং তাঁরা এগুলির ধর্ম কিছুই জানতেন না।

হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গণ, ক্রিপ্‌টন এবং জেননের ন্যায় অস্বাভাবিক রাসায়নিক মৌলগুলি, তাদের বর্ণালির সাহায্যে আবিষ্কৃত হয়েছিল। এগুলিকে বলা হয়েছিল নিষ্ক্রিয় গ্যাস বা বরগ্যাস। অত্যন্ত নগণ্য পরিমাণে এগুলি বায়ুমণ্ডলে পাওয়া যায়। এই গ্যাসগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নিতে সম্পূর্ণ অসমর্থ বলে অনেক দিন পর্যন্ত ভাবা হতো এবং কেউ কেউ এমন কথাও বিশ্বাস করতেন যে "রাসায়নিক মৌল" এই নাম এগুলির পক্ষে প্রযোজ্য নয়। রসায়নের সাহায্য ছাড়াই নিষ্ক্রিয় মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল। নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসগুলিকে তরলীকরণ প্রক্রিয়াটি আবিষ্কৃত হওয়ার পরেই, বাতাস থেকে এই নিষ্ক্রিয় মৌলগুলিকে নিষ্কাশন করা এবং একে অন্যের থেকে পৃথকীকরণ করা তখনই সম্ভব হয়েছিল।

স্বভাবত, রাসায়নিক মৌলগুলির আবিষ্কারের ইতিহাসটি কিয়দংশে মৌলগুলির প্রাপ্তির প্রাচুর্যের দ্বারা প্রভাবিত হয়েছিল, যেমন — স্বল্প প্রাচুর্য বিশিষ্ট মৌল বিলম্বে আবিষ্কৃত হয়েছিল। প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের ইতিহাসটি এই ধারণার একটি সুন্দর উদাহরণ। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দিকে এবং বিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে এই মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল এবং এটি যদি একটি গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা না হতো তবে দীর্ঘকাল ধরে এগুলি মানবজাতির নিকট অজ্ঞাত থাকতো, কারণ অত্যন্ত নগণ্য ঘনত্বের (পরিমাণের) এই মৌলগুলিকে রাসায়নিক বা বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা সনাক্ত করা সম্ভব ছিল না। ঘটনাটি ছিল নতুন এক প্রক্রিয়ার আবিষ্কার, যাকে তেজস্ক্রিয়তা বলে। কিছু পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে এবং অবিরাম ধারায় তেজস্ক্রিয় বিকিরণে সমর্থ। প্রথমেই এটি প্রতিপন্ন হয় যে, সাধারণভাবে অদ্ভুত এই ধর্ম এই সব পদার্থেই কেবলমাত্র ছিল না, এমনকি বিশেষ

রাসায়নিক যৌগে কেবল মাত্র ছিল না, কিন্তু ইউরেনিয়াম, থোরিয়ামের ন্যায় বিশিষ্ট কতকগুলি রাসায়নিক মৌলেরও ছিল, যেগুলি পর্যায় সারণীর শেষের দিকে আছে। তেজস্ক্রিয় পদার্থের গবেষণায় এটি লক্ষ্য করা গেছে যে কখনও কখনও কতকগুলি তেজস্ক্রিয় পদার্থের তেজস্ক্রিয় বিকিরণের মাত্রা ইউরেনিয়াম ও থোরিয়াম পরমাণুর বিকিরণমাত্রা থেকে অধিকতর শক্তিশালী ছিল। কোন কোন অজ্ঞাত তেজস্ক্রিয় মৌলগুলির জন্যে এই রূপ বিকিরণ হয় বলে বলা হয়েছিল। পরে প্লুটোনিয়াম এবং রেডিয়ামের আবিষ্কারের দ্বারা এই মতামতটি সমর্থিত হয়েছিল। এটি আর একটি গবেষণা-পদ্ধতির পথপ্রদর্শন করিয়েছিল, যেটিকে তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতি বলে। ভবিষ্যতে এ পদ্ধতিটি অন্যান্য প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করতে সাহায্য করেছিল। এই উদাহরণে সনাক্তকারী চিহ্ন হিসেবে তেজস্ক্রিয়তা ব্যবহৃত হয়েছিল। মৌলগুলিকে সনাক্তকরণের অন্যান্য পদ্ধতির মধ্যে তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতিটি ছিল অত্যন্ত সুবেদী।

বিংশ শতাব্দীর শেষের দিকের পর আমাদের পৃথিবীতে আর কোন অনাবিষ্কৃত প্রাকৃতিক মৌল ছিল না। কিন্তু এইখানেই নতুন মৌল আবিষ্কারের ইতিহাসটি শেষ হয় নি। অবশ্য "আবিষ্কার" শব্দটার একটা নতুন মানে হয়েছিল। এটি এখন এমন মৌলের সম্বন্ধে উল্লিখিত হচ্ছে, পৃথিবীতে যেগুলির অস্তিত্ব নেই, কিন্তু পারমাণবিক বিক্রিয়ার সাহায্যে কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা হয়েছে। এটি বৈজ্ঞানিক এবং প্রযুক্তিগতভাবে অত্যন্ত জটিল ছিল, যা এটির সমস্যা ছিল এবং অনেক দেশের বহু বিজ্ঞানী এই সমস্যার মোকাবিলা করেছেন। কৃত্রিম অথবা সংশ্লেষিত সমস্ত মৌলই তেজস্ক্রিয় পদার্থ। সুতরাং তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতির এক্ষেত্রে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে। এই ব্যাপারে পদার্থবিদদের সিদ্ধান্তই শেষ কথা। কিন্তু রসায়নবিদদের অত্যন্ত জটিল সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়েছিল। আমাদের বর্তমান কালেও অনেক সংশ্লেষিত মৌলের কেবলমাত্র কিছু সংখ্যক পরমাণু সৃষ্টি সম্ভব হয়েছে। যখন এই পরমাণুগুলি জোরাল তেজস্ক্রিয় পদার্থ হয়, তখন এগুলির জীবনকাল সেকেণ্ডের ভগ্নাংশ মাত্র হয়। অতএব, এইগুলির ধর্মের গবেষণা করতে রসায়নবিদদের অবশ্যই অলৌকিক উদ্ভাবনী শক্তির পরিচয় দিতে হয়েছিল।

সংক্ষেপে, এইটাই হলো রাসায়নিক মৌলসমূহের আবিষ্কারের বহু শতাব্দীর সুদীর্ঘ প্রক্রিয়া। এই মৌলগুলির রাসায়নিক সংকেত (বা চিহ্ন) মেণ্ডেলেয়েভের পর্যায় সারণীতে দেখতে পাওয়া যায়। আমরা বিশদভাবে

এই প্রক্রিয়া বিবেচনা করবো। এই আখ্যানের মধ্য চরিত্রগুলিতে একটির পর একটিতে বিশেষ দৃষ্টি দেওয়া যাক।

কিন্তু প্রথমে এই বইয়ের গঠনশৈলী সম্বন্ধে কিছু কথা বলা যাক। এটি দুটি অংশে বিভক্ত। প্রথম অংশে প্রাকৃতিক মৌল সম্বন্ধে আলোচনা আছে, আর দ্বিতীয় অংশে সংশ্লেষিত মৌলদের কথা। এটা নিশ্চিত যে, প্রথম অংশটি অবশ্যই প্রাচীনকাল থেকে জানা মৌলদের বর্ণনা দিয়ে আরম্ভ করতে হবে (অধ্যায় 1)। তারপর আমরা আলোচনা করবো মধ্যযুগে আবিষ্কৃত মৌলদের কথা (অধ্যায় 2)। এই অধ্যায়ে আলোচিত মৌলগুলির ক্ষেত্রে "আবিষ্কৃত" শব্দটা সঠিক মানেতে প্রযোজ্য হতে পারে না। "একটা রাসায়নিক মৌল"-এর ধারণাটি সুস্পষ্ট হওয়ার পরই মাত্র এটি বর্তমান কালের অর্থ অর্জন করেছে। গ্যাস সংক্রান্ত রসায়নের উন্নতিতে, (ফ্লোজিস্টিক) প্রদাহী তত্ত্বকে ক্রমশ খন্ডন করা ও এর সঙ্গে অক্সিজেন, ,নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আবিষ্কার এবং এগুলির মৌলিক স্বরূপটি উপলব্ধি করার জন্য, এটি অনেক সহজ হয়েছিল (অধ্যায় 3)।

অষ্টাদশ শতাব্দীর দ্বিতীয় ভাগে এবং উনবিংশ শতাব্দীর প্রথমভাগে রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বেশ কিছু নতুন মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল (অধ্যায় 4)। ক্ষার শ্রেণী ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা শ্রেণীর কিছু মৌলকে আবিষ্কার করতে তড়িৎ-রাসায়নিক বিশ্লেষণ বিশেষ ভূমিকা নিয়েছিল (অধ্যায় 5)। গত শতাব্দীর মাঝামাঝি সময় বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতিটি উন্নতি লাভ করে, যার সাহায্যে পৃথিবীতে একাধিক নতুন মৌল সনাক্ত করা সম্ভব হয়েছিল (অধ্যায় 6)।

বিরল মৃত্তিকা শ্রেণীর মৌল ও বরগ্যাসের (বা নিষ্ক্রিয়গ্যাস) আবিষ্কারগুলি বিশেষ আকর্ষণীয় ছিল এবং সর্বোপরি, পর্যায় সারণীর সাহায্যে দ. ই. মেন্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী করা মৌলও আছে। এই মৌলগুলি যদিও রাসায়নিক বিশ্লেষণ এবং বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতির সাহায্যে আবিষ্কৃত হয়েছিল, তবুও উল্লেখিত শ্রেণীর মৌলগুলির ইতিহাসটি অনেক ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ছিল এবং এগুলিকে উপস্থিত করতে আলাদা অধ্যায় দেওয়া হলো (অধ্যায় 7, 8 এবং 9)। পৃথিবীতে যেদুটি মৌল সবশেষে আবিষ্কৃত হয়েছিল, সেই দুটি স্থায়ী মৌল, হাফনিয়াম এবং রেনিয়ামের আবিষ্কারের ইতিহাসটি কিছু কম আকর্ষণীয় ছিল না (অধ্যায় 10)। তেজস্ক্রিয় মৌলের ইতিহাস দিয়ে এই বইয়ের প্রথম অংশটি শেষ হবে (অধ্যায় 11), যা তেজস্ক্রিয়তা, অস্থায়ী মৌল ও সমস্থানিকের জগতের সঙ্গে

পাঠককে পরিচিত করাবে। অস্থায়ী মৌল ও সমস্থানিকগুলি কৃত্রিম উপায়ে পারমাণবিক বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রস্তুত করা যায়।

এই বইয়ের দ্বিতীয় অংশে দুটি অধ্যায় আছে (অধ্যায় 12 এবং 13), যাতে সংশ্লেষিত মৌলগুলি আছে। পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেন থেকে ইউরেনিয়ামের মধ্যে অবস্থিত কৃত্রিম নতুন মৌলদের (টেকনেশিয়াম, প্রোমেথিয়াম, অ্যাস্টাটিন এবং ফ্রান্সিয়াম) সঙ্গে পাঠকদের পরিচিত করানো হবে, অধ্যায় 12 তে। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলদের ইতিহাস এবং পারমাণবিক সংশ্লেষণের সম্ভাব্য ছবিটি অধ্যায় 13 তে আছে।

মৌলের ইতিহাসের পরিসাংখ্যিক তত্ত্ব দিয়ে বইটি শেষ হবে। "রাসায়নিক মৌলের আবিষ্কারের" ধারণাটিকে পুনরায় আলোচনা করবো এবং এর সঙ্গে রাসায়নিক মৌলের ভ্রান্ত (ঝুটা) আবিষ্কারের কথাও থাকবে [ঝুটা আবিষ্কারের অধ্যায়টি লিখেছেন ভ. প. মেল্‌নিকভ (V. P. Mel'nikov)]।

প্রথম অংশ

প্রকৃতিতে আবিষ্কৃত মৌলসমূহ

বর্তমানে জানা বেশীর ভাগ মৌলগুলি প্রকৃতিতে (বিভিন্ন আকরিক ও খনিজে, পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ইত্যাদিতে) আবিষ্কৃত হয়েছে এবং একজন আস্থার সঙ্গে বলতে পারেন যে, প্রকৃতিতে স্থায়ী এবং তেজস্ক্রিয় — উভয় প্রকারেরই আর কোন অজানা মৌল নেই। এইসব মৌলগুলিকে বলা যায় "বিশ্লেষণের সাহায্যে আবিষ্কৃত" মৌল। মানুষ, তার জ্ঞান এবং অনুসন্ধান পদ্ধতি ছাড়াই এই মৌলগুলি স্বাধীনভাবে অবস্থান করতে পারে। সৌরজগতের ক্রমবিকাশের প্রাথমিক অবস্থায় যখন পৃথিবী গ্রহ হিসেবে সৃষ্টি হচ্ছে, তখন থেকে এগুলি বিদ্যমান।

কেমন করে মৌলগুলি আবিষ্কৃত হলো, এইটাই আমাদের বইয়ের প্রথম অংশের বিষয়।

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত নব্বই শতাংশ মৌলই হলো স্থায়ী, তারমানে তেজস্ক্রিয় নয়। পর্যায় সারণীর 1 থেকে 83 নং ঘর পর্যন্ত এগুলি অধিকার করে আছে, তার অর্থ হাইড্রোজেন থেকে বিসমাথ পর্যন্ত। এই অনুক্রমের মধ্যে দুটি ঘর শূন্য আছে, মৌল দুটি হলো যথা Z-43 (টেকনেশিয়াম) এবং Z-61 (প্রোমেথিয়াম)। পরমাণু কেন্দ্রীণের অদ্ভুত প্রকৃতির জন্য এই দুটি মৌলের সমস্ত সমস্থানিকগুলি হলো আপেক্ষিকভাবে স্বল্পস্থায়ী তেজস্ক্রিয় মৌল। সেই জন্য টেকনেশিয়াম এবং প্রোমেথিয়াম প্রকৃতিতে সংরক্ষিত হয়নি এবং তেজস্ক্রিয় বিভাজনের দরুণ প্রতিবেশী স্থায়ী মৌলে রূপান্তরিত হয়ে গিয়েছে।

পৃথিবীতে তেজস্ক্রিয় মৌলের সংখ্যা স্থায়ী মৌলের থেকে বিলক্ষণ কম। পর্যায় সারণীতে এগুলি পোলোনিয়ামে (Z-84) আরম্ভ এবং ইউরেনিয়ামে (Z-92) শেষ। এগুলির মধ্যে কেবলমাত্র থোরিয়াম এবং

ইউরেনিয়ামের অর্ধজীবনকাল খুবই বেশী। এর জন্য পৃথিবীর সৃষ্টিকাল থেকে এ দুটি মৌল পৃথিবীতে টিকে গিয়েছে এবং এগুলির পরিমাণ বরং লক্ষণীয়। এই কারণে তেজস্ক্রিয়তা জানার অনেক পূর্বে বিজ্ঞানীগণ ইউরেনিয়াম ও থোরিয়ামকে নতুন রাসায়নিক মৌল হিসেবে আবিষ্কার করেছিলেন। প্রাকৃতিক অন্যান্য তেজস্ক্রিয় মৌলগুলির (প্লুটোনিয়াম, র‍্যাডন, রেডিয়াম, অ্যাক্টিনিয়াম এবং প্রোট্যাক্টিনিয়াম) পরিমাণ বেশ কম।

অধ্যায় 1

প্রাচীনকালে জানা মৌলসমূহ

বস্তুত, প্রাচীনকাল কথাটা একটা অস্পষ্ট ধারণামাত্র। অতএব, এই শিরোনামে একাধিক মৌলের আলোচনার বেশীভাগ হবে বিধিবহির্ভূত, যদিও ইতিহাসে আলোচনাটি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়েছে। এই অধ্যায়ে যে মৌলগুলির (প্রধানত ধাতব মৌল) আলোচনা আছে, সেগুলির ব্যবহার প্রাচীনকালের বিভিন্ন লেখাপত্রে উল্লেখ আছে, না হয় প্রত্নতাত্ত্বিক তথ্যের ওপর প্রতিষ্ঠিত করতে পারা যায়।

এই সব ক্ষেত্রে "আবিষ্কার" শব্দটির ব্যবহার বিধিবহির্ভূত। ঐতিহাসিক পটভূমিকায় বলতে গেলে, এই অধ্যায়ের মুখ্য চরিত্রগুলি, স্বাধীন রাসায়নিক মৌল হিসেবে তুলনামূলকভাবে সম্প্রতি স্বীকৃতি পেয়েছে। প্রাচীনকালে জানা মৌলের আদি ইতিহাসটি বর্ণনায় মৌলগুলির আবিষ্কারের তারিখ এবং আবিষ্কারকদের নাম উল্লেখ না করেই চুপিচুপি চলে যেতে হবে। অতএব, এই অধ্যায়ে মৌলগুলির উপস্থাপনার ধরনটি একটু অস্বাভাবিক রকমের হবে। এই সব মৌলের এবং পুরাকালে এগুলির ব্যবহারের সংক্ষিপ্ত বিবরণ এখানে থাকবে।

প্রাচীন কালের সাতটি ধাতব মৌলের (সোনা, রুপো, তামা, লোহা, টিন, সীসা এবং পারদ) আলোচনা অধ্যায়টিতে থাকবে। "চমৎকার সাতটি" ধাতব মৌল, যেগুলি সভ্যতা এবং ভৌত দর্শনের বিভিন্ন শ্রেণীর বিকাশের ক্ষেত্রে দারুণভাবে অংশ নিয়েছিল। আমরা গন্ধকের কথা বলবো, সেটি বর্তমান কালের বহু পূর্বে বিভিন্নভাবে ব্যবহৃত হয়েছে এবং কার্বনের কথাও বলবো। খুব সম্ভবত, এটা হতে পারে যে, মানবজাতির জানা প্রাচীনতম রাসায়নিক মৌল হলো কার্বন। তাই আমরা কার্বন দিয়ে রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসটি আরম্ভ করবো।

দস্তা, প্ল্যাটিনাম, অ্যান্টিমনি এবং বিসমাথ প্রাচীনকাল থেকে জানা ছিল বলে কখনও বলা হয়, কিন্তু এ ব্যাপারে সঠিক কোন প্রমাণ নেই।

কার্বন আবিষ্কারের সঠিক তারিখ নিশ্চিত করে বলা যায় না। কিন্তু এটা বলা খুব একটা শক্ত নয় যে, কার্বন কখন থেকে সরল পদার্থ হিসেবে পরিগণিত হয়েছিল। 1789 খ্রিস্টাব্দে প্রকাশিত এবং এ. ল্যাভয়সিয়ের কর্তৃক সংকলিত 'সরল পদার্থের তালিকায়' আমাদের দৃষ্টি ফেরানো যাক। এখানে কার্বন সরল পদার্থ হিসেবে উপস্থিত। এই তালিকায় স্থান করে নিতে কার্বনের কত সময় লেগেছিল, সেটা বছর বা শতাব্দী দিয়ে বলা হয় না কিন্তু সহস্র বছর হিসেবে বলা হয়। আগুন প্রস্তুত করার অনেক আগেই কার্বনের সঙ্গে মানুষের পরিচয় ঘটেছিল, বজ্রাঘাতে পোড়া কাঠ থেকে। কেমন করে আগুন জ্বালাতে হয় এটা শেখার পর কার্বন মানুষের "নিত্যসঙ্গী" ছিল।

তত্ত্বের উন্নতিতে কার্বন একটা উল্লেখ্যযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল। এই তত্ত্ব অনুসারে কার্বন সরল পদার্থ ছিল না, কিন্তু বিশুদ্ধ ছিল। কয়লা ও অন্যান্য যৌগের দহন পরীক্ষা করে এ. ল্যাভয়সিয়েরই প্রথম ব্যক্তি যিনি দেখিয়েছিলেন যে, কার্বন একটা সরল পদার্থ। কেমন করে কার্বন তার পরিচয় পেয়েছিল এই উপাখ্যান থেকে আমরা একটু দূরে চলে যাচ্ছি।

প্রকৃতিতে কার্বন দুটি বহুরূপে পাওয়া যায় — যেমন হীরক ও গ্রাফাইট। সে দুটিকে মানুষ বহুপূর্ব থেকেই জানতো। উচ্চ তাপমাত্রায় হীরার দহনে অবশেষ হিসেবে কিছু পাওয়া যায় না, এই ঘটনাটি বহুপূর্বে জানা ছিল। তবুও হীরা ও গ্রাফাইটকে দুটি সম্পূর্ণ ভিন্ন পদার্থ বলে বিশ্বাস করা হতো। কার্বন ডাই অক্সাইডের আবিষ্কারে এটা প্রমাণ করতে সাহায্য করেছিল যে, হীরা ও গ্রাফাইট অভিন্ন বস্তুর বহুরূপ। হীরা ও কাঠকয়লার জ্বলনের পরীক্ষার সাহায্যে এ. ল্যাভয়সিয়ের প্রমাণ করেছিলেন যে, এই দুটি বস্তুর দহনে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এতে এই সিদ্ধান্তে আসা গিয়েছিল যে হীরা ও কয়লার উৎস অভিন্ন। 1787 খ্রিস্টাব্দে "রাসায়নিক নামকরণের পদ্ধতিসমূহ" ("Methods of Chemical Nomenclature") [ল্যাভয়সিয়ের (A. Lavoisier), এল. গুইটন ডি মারভিউ (L. Guyton de Morveau), সি. বারথোলেট (C. Berthollet) এবং এ. ফোউরক্রোই (A. Fourcroy)] বইয়ে প্রথম "কার্বনেয়াম" (carboneum) [কার্বন (carbon)]-এর উল্লেখ পাওয়া যায়। স্মরণাতীত কাল থেকে জানা এই মৌলটির সঙ্গে এর ল্যাটিন নামের একটি যোগসূত্র টানা যায়। এর

ল্যাটিন শব্দটি আবার অন্যতম প্রাচীন ভাষা সংস্কৃত থেকে উদ্ভূত। সংস্কৃতে "ক্রা" মানে ফোটা। 1824 খ্রিষ্টাব্দে "কার্বন" নামটা দেওয়া হয়।

1797 খ্রিষ্টাব্দে এস. টেন্নান্ট (S. Tennant) আবিষ্কার করেন যে, সমপরিমাণ হীরা ও গ্রাফাইটের দহনে সম-আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। 1799 খ্রিস্টাব্দে এল. গুইটন ডি মারভিউ (L. Guyton de Morveau) দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন করেন যে হীরা, গ্রাফাইট এবং কোকের একমাত্র উপাদান হলো কার্বন। বিশ বছর পর সতর্কতার সঙ্গে উত্তপ্ত করে হীরাকে গ্রাফাইটে এবং গ্রাফাইটকে কার্বন ডাই অক্সাইডে রূপান্তরিত করতে তিনি সমর্থ হন। কিন্তু গ্রাফাইটকে হীরাতে রূপান্তর করার ক্ষমতা অষ্টাদশ এবং ঊনবিংশ শতাব্দীতে বিজ্ঞানের ছিল না। 1955 খ্রিস্টাব্দে একদল ব্রিটিশ বিজ্ঞানী পৃথিবীর ইতিহাসে সর্বপ্রথম কৃত্রিম হীরা প্রস্তুত করেন। 3000°C-এ এবং 10^9Pa-এর অধিক চাপে সংশ্লেষণটি করা হয়।

কৃত্রিম হীরা প্রস্তুতের অব্যবহিত পরে সোভিয়েত বিজ্ঞানীগণ "কার্বিন" (carbine) নামে একটি নতুন পদার্থ প্রস্তুত করেন, যেটি কার্বনের তৃতীয় বহুরূপ বলে প্রমাণিত হয়েছে। এটিতে কার্বন পরমাণুগুলি একে অন্যের সঙ্গে যুক্ত হয়ে লম্বা শৃঙ্খল উৎপন্ন করে। এটি ভূসিকালির ন্যায় দেখতে।

কার্বন এবং এর যৌগগুলির অধ্যয়ন রসায়নশাস্ত্রের বিরাট ক্ষেত্রে ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন করে — যাকে জৈবরসায়ন বলে।

গন্ধক

বহুপূর্ব থেকে মানুষ গন্ধককে জানতো। প্রাচীন গ্রীসে, হোমারের সময়েও গন্ধককে পুড়িয়ে প্রাপ্ত সালফার ডাই অক্সাইডের বিশেষ গুণের সাহায্যে ঘরদোর বীজাণুমুক্ত করা হতো। পৃথিবীতে মুক্ত গন্ধকের সঞ্চয়ের কথা প্রাচীনকাল থেকে জানা আছে। কারণ ইতালি ও সিসিলিতে গন্ধকের সঞ্চয়ের কথা উল্লেখ করেছেন প্লিনি দি এল্ডার (Pliny the Elder)। রঞ্জন বস্তু প্রস্তুতিতে এবং সুতোর ওপর বিশেষ প্রলেপ প্রয়োগের জন্যে গন্ধক ব্যবহৃত হতো। সুপ্রাচীনকাল থেকে কার্বনের ন্যায় গন্ধকও আতসবাজী প্রস্তুতিতে ব্যবহার — করা হতো। মনে হয় বাইজানটিয়াম (Byzantium)-এ, খ্রিস্টীয় পঞ্চম শতাব্দীতে "গ্রীক-ফায়ার" নামে বস্তুটি উদ্ভাবিত হয়, এই বস্তুটি বিশেষভাগে চূর্ণিত একভাগ গন্ধক, দু'ভাগ কয়লা এবং ছ'ভাগ সোরা দিয়ে প্রস্তুত করা হতো। এটি খুবই আকর্ষণীয় যে, বর্তমানকালের কালো

(ধোঁয়াসৃষ্টিকারী) বারুদের উপাদানের পরিমাণের সঙ্গে এটির খুবই কম পার্থক্য আছে।

গন্ধক বেশ দাহ্য পদার্থ এবং অন্যান্য পদার্থের সঙ্গে সহজেই যুক্ত হতে পারে। এই কারণে মধ্যযুগে অন্যান্য পদার্থের মধ্যে গন্ধকের একটি "বিশিষ্ট" স্থান ছিল। কিমিয়াবিদগণ মনে করতেন যে, গন্ধক দাহ্য মৌল এবং সমস্ত ধাতুর একটি মৌলিক উপাদান। অনেক সময় গন্ধকের সঙ্গে অনেক অস্বাভাবিক ধর্ম জুড়ে দেওয়া হতো, যদিও কোন কোন কিমিয়াবিদ এটির ধর্ম প্রায় নিখুঁতভাবে বর্ণনা করেছেন।

এ. ল্যাভয়সিয়ের গন্ধকের মৌল স্বরূপটি নিরূপণ করেন। উনবিংশ শতাব্দীতে গন্ধককে স্বাধীন মৌল রূপে স্বীকৃত করা হলেও, মুক্ত গন্ধকের সঠিক গঠন-উপাদান নির্ণয়ে একাধিক পরীক্ষা করা হয়েছিল। 1808 খ্রিস্টাব্দে, এইচ. ডেভি (H. Davy) বলেন যে, সাধারণ অবস্থায় অধিকাংশ গন্ধকের সঙ্গে অল্প পরিমাণে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত অবস্থায় থাকে। এর ফলে গন্ধকের মৌলিকতা সম্বন্ধে প্রশ্ন তোলা হয়, কিন্তু 1809 খ্রিষ্টাব্দে গে-লুসাক (Gay Lussac) সংশয়ের ঊর্ধ্বে এটি প্রমাণ করেন। বিভিন্ন স্থানে প্রাপ্ত গন্ধকের নমুনায় অক্সিজেনের পরিমাণের পার্থক্য হতো। আধুনিক রসায়নের দৃষ্টিকোণ থেকে বলা যায় যে, ডেভি গন্ধকে যে অক্সিজেন পেয়েছিলেন, সেটি গন্ধকের অক্সাইড থেকে পাওয়া যায়নি, মুক্ত গন্ধকে অবস্থিত ধাতব অক্সিসালফাইড যৌগ থেকেই পাওয়া গিয়েছিল।

গন্ধকের ল্যাটিন শব্দ "sulphur"-এর উৎসটি স্পষ্ট নয়।

সোনা

কার্ল মার্ক্স লিখেছেন, "বাস্তবিক সোনাই হলো এমন একটি ধাতু যা মানুষ প্রথম আবিষ্কার করে"।*

এটি বাস্তব সত্য। নব প্রস্তরযুগের পাথরের তৈরী যন্ত্রপাতির সঙ্গে সোনার জিনিসও খনন করে পাওয়া গেছে। সহসা প্রাপ্ত সোনা সেই সময় মানুষ অবশ্যই ব্যবহার করেছিল। সমাজে জাতের সৃষ্টির পরই প্রথম চেষ্টা হয়েছিল খনি থেকে সোনা উদ্ধার করা। ব্যাখ্যাটা খুবই সোজা।

* Karl Marx: "A contribution to the critique of Political economy". Lawrence and wishart, London, 1971, p. 156.

অপরিবর্তনশীল চেহারা, সহজে বণ্টনযোগ্য এবং অত্যন্ত দামী গুণের জন্যে টাকার বিকল্প হিসেবে সোনা খুবই মানানসই হয়েছিল।

স্মরণাতীত কাল থেকে অলঙ্কার তৈরীতে সোনা ব্যবহৃত হয়ে আসছে। মিশরে সমস্ত রাজবংশের সময়ের পিরামিড খনন করে প্রত্নতত্ত্ববিদগণ অনেক সংখ্যায় কেবলমাত্র সোনার অলঙ্কারই পাননি, তার সঙ্গে দৈনন্দিন ব্যবহারের জিনিসও পেয়েছেন।

মিশরেই কেবলমাত্র সোনার ব্যবহার ছিল, তা নয়। খ্রিস্টপূর্ব দশম শতাব্দীতেও চীন, ভারত, মেসোপটেমিয়ার রাজ্যগুলিতে সোনার ব্যবহার ছিল। খ্রিস্টপূর্ব অষ্টম-সপ্তম শতাব্দীতে গ্রীস দেশে সোনার টাকার ব্যবহার ছিল। খ্রিস্টপূর্ব প্রথম শতাব্দীতে আর্মেনিয়ায় সোনার টাকা দেখা গিয়েছিল। অতএব ইউরোপ ও এশিয়ার প্রাচীন রাজ্যগুলিতে মানুষের সঙ্গে সোনার পরিচয় ছিল। ভারত ও নুবিয়ায় (উত্তরপূর্ব আফ্রিকা) প্রাচীনতম সোনার খনি দেখতে পাওয়া যায়।

প্রাচীনকালে সোনাকে বিশুদ্ধ করার পদ্ধতিগুলি জানা থাকলেও বিশুদ্ধ সোনা প্রস্তুত করা হতো না, বরং সোনা-রূপোর সঙ্কর ধাতু প্রস্তুত করা হতো, যেগুলি অ্যাজেম নামে পরিচিত ছিল। ইলেক্ট্রাম নামে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত সোনা ও রূপোর সঙ্কর ধাতুও জানা ছিল।

মানবজাতির ইতিহাসে সোনার মত এত দুর্ভাগ্যের ভূমিকায় অন্য কোন ধাতু অংশ নেয়নি। কেবলমাত্র সোনার জন্য দেশে দেশে প্রাণঘাতী যুদ্ধ হয়েছিল, এক দেশ অন্যদেশকে গ্রাস করেছিল, বিভৎস অপরাধ সংঘটিত হয়েছিল। সোনার মালিক হয়েও মানুষ শান্তি পায়নি, বরং হারাবার ভয় ও দুঃখ তাদের প্রাণে ছিল।

চতুর্থ থেকে ষোড়শ শতাব্দী পর্যন্ত কিমিয়াবিদ্যার সোনা অনুসন্ধানের ইতিহাসটি ছিল হতাশাগ্রস্ত। কিমিয়াবিদগণ পরশ পাথরের অনুসন্ধানে তাদের সমস্ত প্রচেষ্টা নিয়োজিত করেছিলেন যা ক্ষার-ধাতুকে সোনায় রূপান্তরিত করতে পারে। কিমিয়াবিদগণ আকস্মিকভাবে এই কাজ আরম্ভ করেননি এবং এতে তাঁরা গুরুত্বপূর্ণ অগ্রদূতের ভূমিকা নিয়েছিলেন। মিশরীয়গণ এই ব্যাপারে প্রথম উন্নতি সাধন করেছিলেন কারণ, তারা সোনা নিষ্কাশনের গুপ্ত বিদ্যা জানতেন। এটাও জানা ছিল যে, তামার খনিতে অনেক দিন লোহার জিনিস পড়ে থাকলে তাতে তামার আস্তরণ পড়ে যায়। লোহা তামায় রূপান্তরিত হয় বলে তারা বিশ্বাস করতেন। এইটাই যদি হয়ে থাকে, তবে অন্য ধাতুকেই বা কেন সোনায় পরিণত করা যাবে না?

স্বাভাবিকভাবে প্রাপ্ত লেডসালফাইডে সবসময় রূপো মিশ্রিত অবস্থায় থাকে, যাকে কখনও কখনও বা নিষ্কাশন করা হয়। সীসার ওপর রূপো সৃষ্টি হতে পারে নাকি? অভিন্ন উপাদানগুলি বিভিন্ন অনুপাতে সংযুক্ত হয়ে সমস্ত বস্তু উৎপন্ন করে — এই ধারণাটি অবশেষে কিমিয়াবিদ্যার প্রসার ত্বরান্বিত করেছিলো।

পরশপাথর খুঁজে বার করার সকল প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল (যা যে কেউ মনে করতে পারে), যদিও একাধিক কিমিয়াবিদ এই সঙ্কল্পের জন্য নিজেদের জীবন উৎসর্গ করেছিলেন। অন্যান্য ধাতু থেকে সোনা প্রস্তুতের তাবৎ বিবরণ ভন্ডামি ছাড়া আর কিছু নয়।

দক্ষিণ ও মধ্য আমেরিকা বিজয়ের জন্য প্রথম স্পেইনীয় অভিযানের কালেও কিমিয়াবিদ্যা ইউরোপে প্রসারিত হয়েছিল। 'ইন্কা'র দেশে প্রচুর পরিমাণে সোনা তাদের অভিভূত করেছিল। ইন্কা-তে সোনা ছিল গুপ্ত ধাতু — সূর্য দেবতার ধাতু এবং বিপুল পরিমাণে সোনা মন্দিরগুলিতে রক্ষিত ছিল। মহান ইনকাবাসী আটাহুল্পা (Atahualpa) কে যখন স্পেইনীরা বন্দী করেছিল তখন তাঁর মুক্তিপণ হিসেবে ৬০ ঘন মিটার অবিশ্বাস্য পরিমাণ সোনা দেবার প্রতিশ্রুতি ইনকাবাসীরা করেছিলেন। কিন্তু ফ্রান্সিসকো পিজারো (Francisco Pizarro) মনে করলেন মহান ইনকাকে মুক্তি দেওয়া বিপদজনক এবং মুক্তিপণের জন্যে অপেক্ষা না করেই স্পেইনীয়রা হত্যা করে আটাহুলপাকে। ইনকারা যখন জানতে পারল যে তাদের নেতার মৃত্যু হয়েছে, তখন এগারোশো লামা ঐ বিপুল পরিমাণ সোনা বহন করে আনছিল। ইনকারা ঐ সোনা অ্যাজানগারোর [Azangaro ("the remotest place"] পাহাড়ে ("দূরতম অঞ্চলে") লুকিয়ে রাখে। কিন্তু তারা তাদের সমস্ত ধনসম্পত্তি গোপন করতে পারেনি। পেরুর সমৃদ্ধতম শহর কুজকো, স্পেইনীয়রা অধিকার এবং লুট করেছিল। প্রাচীনকালের শিল্পীদের তৈরী অমূল্য জিনিসগুলি তারা গলিয়ে সোনার তালে পরিণত করে স্পেইনে চালান দেয়।

1600 খ্রিস্টাব্দ থেকে রাশিয়ায় খনি থেকে সোনা তোলা আরম্ভ হয়েছে, কিন্তু 1900 খ্রিষ্টাব্দের পর থেকে অধিক পরিমাণে এই ধাতুটি নিষ্কাশিত হচ্ছে।

অরোরা (Aurora) থেকে সোনার ল্যাটিন নাম অর‍্যাম (aurum) উদ্ভূত হয়েছে।

সোনার চেয়ে রূপো অনেক সক্রিয় ধাতু; কিন্তু ভূত্বকে এটির প্রাচুর্য সোনার থেকে পনেরো গুণ হওয়া সত্ত্বেও রূপোকে কদাচিৎ মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। এতে অবাক হওয়ার কিছু নেই যে, প্রাচীনকালে সোনার চেয়ে রূপো দামী ছিল। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, প্রাচীন মিশরে এই দুটি ধাতুর মূল্যের অনুপাত ছিল 2·5 : 1। টাকা ও অলঙ্কারের জন্য সোনা প্রধানত ব্যবহৃত হতো, কিন্তু রূপোর অন্য ব্যবহার ছিল — যেমন জলপাত্র প্রস্তুতিতে।

খ্রিস্টপূর্ব চতুর্থ শতকে মহান আলেক্‌জাণ্ডার পারস্য ও ফিনিকিয়া অধিকার করেন এবং ভারতবর্ষ আক্রমণ করেন। এখানে গ্রীক সৈন্যরা অদ্ভুত এক আন্ত্রিক রোগে আক্রান্ত হয় এবং তারা বাড়ী ফিরে যাবার দাবী করে। অদ্ভুত ব্যাপার যে, সৈন্যদের থেকে গ্রীক সেনাপতিরা এই রোগে কম আক্রান্ত হয়, যদিও তারা সৈন্য-ছাউনীর সমস্ত দুঃখ কষ্টের সমান অংশীদার ছিল। দু'হাজার বছর অতিক্রান্ত হবার পর বিজ্ঞানীগণ এর একটা ব্যাখ্যা খুঁজে পেয়েছেন। সৈন্যরা টিনের কাপে পানীয় গ্রহণ করতেন, আর সেনাপতিরা রূপোর কাপে। এটা প্রমাণিত হয়েছে যে, রূপো জলে দ্রবীভূত হয়ে কোলয়ডীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে যা ক্ষতিকারক বীজাণুকে ধ্বংস করে। যদিও রূপোর দ্রাব্যতা জলে খুবই কম, তা বীজাণু নাশক হিসেবে যথেষ্ট।

সুদূর অতীতকাল থেকে রূপোর খনি জানা আছে। গ্রীস, স্পেইন এবং জার্মানিতে প্রচুর পরিমাণে রূপো আছে। আমেরিকা আবিষ্কারের পর পেরু ও মেক্সিকোতে রূপো পাওয়া গিয়েছিল। এটা প্রায়শ দেখা যায় যে রূপোর আকরিক সীসার খনিজ একটি উপাদান হিসেবে পাওয়া যায়। এই রকম আকরিক থেকে রূপো নিষ্কাশনের পুরোনো পদ্ধতি নিচে বর্ণিত হলো। রূপোর আকরিককে গুঁড়ো করে, জল দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে দেওয়া হতো। পরে বিগালক সহযোগে এটিকে গলিয়ে ফেলা হতো এবং সঙ্কর পদার্থ, যা উৎপন্ন হতো তাকে কাঠকয়লা সহযোগে উত্তপ্ত করা হতো। রূপো ও সীসার প্রাপ্ত সঙ্কর ধাতুটিকে পোড়ানো হতো। বাতাসে উত্তপ্ত করলে রূপো কার্যত জারিত হয় না, কিন্তু সীসা প্রায় সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে অক্সাইডে পরিণত হয়। লেড অক্সাইডের গলনাঙ্ক 896°C এবং রূপোর 960°C। এইভাবে প্রায় বিশুদ্ধ রূপো পাওয়া যায়। রূপো শোধনে বর্তমানে অনেক ভালো পদ্ধতিকে কাজে লাগানো হয়।

টাকা তৈরীতে রূপোকেও সোনার মত ব্যবহার করা হতো, কিন্তু সোনার তুলনায় রূপোর দাম ক্রমশ কমতে লাগলো। 1874 খ্রিস্টাব্দে এক পাউন্ড সোনার দাম ছিল 15·5 পাউন্ড রূপোর দামের সমান, কিন্তু অস্ট্রেলিয়ায় রূপোর সঞ্চয় আবিষ্কারের ফলে দামের এই অনুপাত এসে দাঁড়ায় 1 : 46। 1816 খ্রিস্টাব্দে ইংলন্ডে দ্বিধাতুমান (যার মানে রূপো ও সোনা একত্রে ব্যবহারে টাকার মূল্যমান নির্ধারণ) বন্ধ হয়ে যায়। পরে অন্যান্য দেশ এই দৃষ্টান্ত অনুসরণ করে।

রুশী মুদ্রার নাম —রুব্‌ল (rouble) এবং কোপেইকা (kopeika)— রূপো থেকে এসেছে। ১৩শ শতাব্দীতে রাশিয়ায় কিয়েভান (kievan)—এ রুবল ব্যবহার করা হতো, যেটি প্রায় ২০০ গ্রাম ওজনের দন্ড। এটা মনে করা হয় যে রুব্‌ল প্রস্তুতিতে একটি লম্বা রূপোর দণ্ড ঢালাই করা হতো এবং পরে ফালি ফালি করে সেটিকে কাটা হতো (রুশী ভাষায় 'রুবিত' মানে ফালিফালি করে কাটা)। "কোপেক" শব্দটা কিছুকাল (1534-এ) পরে এসেছে, যখন বর্শা হাতে ঘোড়ায় চড়া মানুষের প্রতিকৃতি প্রথম মুদ্রার ওপর ছাপা হয়। রুশী ভাষায় 'কোপিও' মানে বর্শা।

এশিরিয়ান শব্দ "Serpu" বা গথ্‌ জাতির ভাষা "silbur" থেকে সিলভার (silver) কথাটা এসেছে। রূপোর ল্যাটিন শব্দ "আর্‌জেন্টাম" (argentum) কথাটা এসেছে সম্ভবত সংস্কৃত আর্জেণ্টা (argenta) থেকে, যার মানে 'আলোর ন্যায় সাদা'।

তামা

ফ্রান্সের রসায়নবিদ এম. বারথেলটে'র (M. Berthelot) মতানুসারে, মানব জাতি পাঁচ হাজার বছরের বেশী পূর্বে থেকে তামার সঙ্গে পরিচিত হয়েছে। অনেক বিজ্ঞানী মনে করেন, এই পরিচয় তারও আগে ঘটেছিল। তামা এবং টিনের সঙ্গে এর সংকরধাতু (ব্রোঞ্জ) বহুকাল পূর্ব থেকে সবচেয়ে বেশী ব্যবহৃত ধাতু ছিল। এই দুই পদার্থ মানবজাতির ইতিহাসের একটি বিশেষ যুগকে নির্দেশ করে, যাকে ব্রোঞ্জযুগ বলে। তামা কেন এরকম একটা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছিল? প্রকৃতিতে তামার প্রাচুর্য মোটামুটি এবং এটিকে নিয়ে সহজে কাজ করা যায়। প্রথম অবস্থায় মানুষ প্রকৃতিগত তামা ব্যবহার করতো, কিন্তু চাহিদা উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাওয়ায় আকরিক থেকে তামা নিষ্কাশনে বাধ্য হয়। অধিক পরিমাণে তামা বিশিষ্ট

আকরিক থেকে ধাতুটি নিষ্কাশন তুলনামূলকভাবে সহজ। খ্রিস্টপূর্ব তৃতীয় সহস্রাব্দে নানাবিধ যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিতে ব্যাপকভাবে তামা ব্যবহৃত হতো। চিয়োপস (cheops)-এর মিশরীয় পিরামিডটি যে বিশাল বিশাল পাথরের খণ্ড দিয়ে গাঁথা হয়েছিল সেই পাথরের খণ্ডগুলি তামার যন্ত্র দিয়ে কাটা হয়েছিল।

প্রাচীনকালে তামার খনির মধ্যে সাইপ্রাস দ্বীপের খনিগুলি বিশেষ করে বিখ্যাত ছিল এবং অনেকে বলেন যে কপার শব্দটি (ল্যাটিন নাম কিউপ্রাম — Cuprum) এখান থেকে এসেছে।

মানুষ যখন ব্রোঞ্জ প্রস্তুত করতে শিখেছিল, তখন পাথরের তৈরী যন্ত্রপাতি ব্রোঞ্জ দিয়ে সম্পূর্ণ অপসারিত হয়েছিল। সম্ভবত, ব্রোঞ্জ প্রথম প্রস্তুত হয় হঠাৎ। খ্রিস্টপূর্ব প্রায় 3500 বছর আগে ক্রিট দ্বীপে প্রাপ্ত প্রত্নতাত্ত্বিক জিনিস আবিষ্কারের ফলে এটা প্রমাণিত হয়েছে, এতে তামার জিনিসের সঙ্গে ব্রোঞ্জের জিনিসও পাওয়া গিয়েছিল। প্রথম অবস্থায় ব্রোঞ্জ বেশ দামী ছিল এবং অলঙ্কার ও সৌখিন জিনিস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হতো। প্রাচীনকালে মিশরে ব্রোঞ্জের আয়না তৈরী হতো। তামার মত ব্রোঞ্জও স্মৃতিনিদর্শন প্রস্তুতিতে এবং ভাস্কর্যের কাজের জন্য অত্যন্ত ভালো বলে প্রমাণিত হয়েছে। খ্রিস্টপূর্ব পঞ্চম শতাব্দীতে মানুষ ব্রোঞ্জ দিয়ে মূর্তি ঢালাই শিখেছে। মাইসিনিয়ান (Mycenaean) যুগের সূচনাতে প্রাচীন গ্রীসে ব্রোঞ্জমূর্ত্তি বিশেষ উন্নতি লাভ করেছিল। বর্তমানকালেও তামা ও ব্রোঞ্জ একাজে ব্যবহৃত হচ্ছে।

ব্রোঞ্জ ছাড়াও তামার অপর বিস্ময়কর সঙ্কর ধাতু পিতল, বহুকাল পূর্ব থেকে জানা আছে। তামার সঙ্গে দস্তার আকরিক গলিয়ে এটি প্রস্তুত করা হতো। প্রাচীন মিশরীয়, ভারতীয়, এশিরিয়ান, রোমান ও গ্রীকদের তামা, ব্রোঞ্জ ও পিতল জানা ছিল। অস্ত্র তৈরীতে তামা ও ব্রোঞ্জ উভয়েই ব্যবহৃত হতো। আলতাই, সাইবেরিয়া এবং ট্রান্স ককেশাস অঞ্চলে খনন কার্য চালিয়ে প্রত্নতাত্ত্বিকগণ খ্রিস্টপূর্ণ অষ্টম থেকে ষষ্ঠ শতাব্দীর ব্রোঞ্জ ও তামার তৈরী ছুরি, তীরের ফলা, ঢাল, শিরস্ত্রাণ পেয়েছিলেন। প্রাচীন গ্রীসে এবং রোমে তামা ও ব্রোঞ্জ দিয়ে ঢাল ও শিরস্ত্রাণ তৈরী করা হতো। আগ্নেয়াস্ত্র আবিষ্কারের পর তাতে তামা ব্যবহার করা হতো।

লোহা

ধাতুগুলির মধ্যে প্রাচুর্যের দিক থেকে প্রকৃতিতে অ্যালুমিনিয়ামের পর দ্বিতীয় স্থানে আছে লোহা। কিন্তু খাঁটি লোহা প্রকৃতিতে বিরল। সম্ভবত, প্রথম লোহা যা আমাদের পূর্বপুরুষেরা ব্যবহার করেছিল তার উৎস ছিল উল্কা। জল ও বাতাসের উপস্থিতিতে লোহা খুব সহজেই জারিত হয় এবং অক্সাইডরূপে সাধারণত পাওয়া যায়। প্রাচীনকাল থেকে আজ পর্যন্ত বিদ্যমান লোহার জিনিস খুবই বিরল এবং এর জন্য লোহার জারণই দায়ী। প্রায় পাঁচ হাজার বছর আগে লোহা আবিষ্কৃত হয়েছিল। প্রথম অবস্থায় লোহা খুবই দামী ছিল এবং এটির দাম সোনার দামের চেয়ে অনেক বেশী ছিল। প্রায়শই সোনার ওপর লোহা বসিয়ে অলংকার তৈরী করা হতো।

প্রায় একই সময়ে পৃথিবীর সমস্ত মহাদেশের লোকেরা সোনা, রুপো এবং তামা সম্বন্ধে ওয়াকিবহাল ছিল, কিন্তু লোহার ক্ষেত্রে ব্যাপারটি অন্য রকম। খ্রিস্টপূর্ব দু'হাজার বছর পূর্বে মিশরে এবং মেসোপটেমিয়ায় লোহার আকরিক থেকে লোহা নিষ্কাশন পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়েছিল, ট্রান্স ককেশাস, এশিয়া মাইনর এবং প্রাচীন গ্রীসে দ্বিতীয় সহস্রাব্দের শেষে, ভারতবর্ষে দ্বিতীয় সহস্রাব্দের মধ্যভাগে এবং চীনে তারও অনেক পরে, খ্রিস্টপূর্ব প্রথম সহস্রাব্দের মধ্যভাগে। ইউরোপিয়গণের আসার পর নতুন বিশ্বের দেশগুলিতে লৌহযুগের সূচনা হয়, তার মানে খ্রিস্টীয় দ্বিতীয় সহস্রাব্দে। আফ্রিকার কিছু উপজাতি লোহার ব্যবহার করতে আরম্ভ ক'রে উন্নতিতে ব্রোঞ্জযুগকে অতিক্রম করে যায়। প্রাকৃতিক অবস্থার পার্থক্যের জন্য এ রকম হয়েছিল। যে-সব দেশে তামা এবং টিনের প্রাকৃতিক উৎসের সংখ্যা কম, সেখানে এই ধাতুগুলিকে অপসারিত করার দাবী ওঠে। আমেরিকাতে মুক্ত তামার সঞ্চয়টি অন্যতম বৃহত্তম ছিল এবং এর জন্যে এখানে নতুন ধাতুর সন্ধানের প্রয়োজন হয়নি। ক্রমশ লোহার উৎপাদন বৃদ্ধি পেতে লাগলো এবং এর ফলে লোহা দামী ধাতুর তালিকা থেকে সাধারণ ধাতুর তালিকায় চলে এলো। খ্রিস্টযুগ আরম্ভ থেকে লোহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

তদ্‌কালে জানা সমস্ত ধাতু ও সংকর ধাতুর মধ্যে লোহা ছিল কঠিনতম। অপেক্ষাকৃত কম দামে যখন লোহা উৎপন্ন হতে লাগলো, তখন নানাবিধ যন্ত্রপাতি এবং অস্ত্রশস্ত্র লোহা দিয়ে তৈরী হতে লাগলো। খ্রিস্টীয় প্রথম

সহস্রাব্দের শুরুতে ইউরোপ এবং এশিয়াতে লোহার উৎপাদনে যথেষ্ট উন্নতি হয়েছিল। বিশেষ করে ভারতীয় ধাতুবিদগণ লোহা নিষ্কাশনে এবং বিশেষ প্রক্রিয়ার ব্যবহারের ক্ষেত্রে প্রভূত সাফল্য লাভ করেছিল। লোহা উৎপাদনের পদ্ধতির উন্নতিতে দৃষ্টি ফেরালে এটি চিত্তাকর্ষক মনে হবে। প্রথম অবস্থায় মানুষ উল্কার লোহা ব্যবহার করতো, যা খুবই বিরল ছিল, ফলে দামী ছিল। তারপর মানুষ শিখেছিল কেমন করে লোহার আকরিককে কয়লার সঙ্গে মিশিয়ে বায়ুপ্রবাহ অঞ্চলে প্রচণ্ডভাবে উত্তপ্ত করে লোহা প্রস্তুত করা যায়। এই ভাবে উৎপন্ন লোহা স্পঞ্জের ন্যায় ছিল, এতে প্রচুর পরিমাণে ধাতুমল মিশে থাকতো বলে এটি নিচুমানের ছিল। লোহা উৎপাদনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ ছিল চুল্লী আবিষ্কার, যার ওপরটা ছিল উন্মুক্ত এবং মধ্যেটা দুর্গল বস্তু দিয়ে প্রলেপ দেওয়া ছিল। সিরিয়ার প্রাচীন শহরগুলি খনন করে এই লক্ষণ প্রকাশ পায় যে বাস্তবিক ভালো মানের লোহা এইভাবে প্রস্তুত করা হতো। পরে মানুষ লক্ষ্য করেছিল যে ঢালাই লোহাকে লোহায় পরিণত করা যায়, যাতে কম কয়লার প্রয়োজন হয় এবং অত্যন্ত উচ্চমানের লোহা পাওয়া যায়। ঢালাই লোহাকে বর্জ্য পদার্থ বলে মনে করা হতো।

পঞ্চদশ শতাব্দীর শেষে প্রথম ধাতুগলন চুল্লী দেখা যায়, যাতে কেবল ঢালাই লোহা উৎপাদিত হতো। লোহা ও ইস্পাত উৎপাদন পদ্ধতিগুলি খুব তাড়াতাড়ি উন্নতি লাভ করতে লাগলো। 1855 খ্রিস্টাব্দে ইস্পাত প্রস্তুতিতে কনভার্টার উপস্থিত হয়, যা এখনও চলে আসছে। 1865 খ্রিস্টাব্দে মার্টিন পদ্ধতি চালু হয়। যার থেকে প্রায় সম্পূর্ণ ধাতুমল মুক্ত ইস্পাত পাওয়া যায়।

লোহার রাসায়নিক সংকেত Fe ল্যাটিন শব্দ ফেরাম (Ferrum) থেকে এসেছে, যার মানে লোহা।

সীসা

প্রকৃতিতে মুক্ত সীসার সঙ্গে সাক্ষাৎ ঘটা খুবই বিরল ঘটনা। কিন্তু আকরিক থেকে তা মোটামুটি সহজে নিষ্কাশন করা যায়। লোহা ও রুপোর সঙ্গে একসঙ্গে সীসাকে মিশরীয়রা জেনেছিল এবং খ্রিস্টপূর্ব দ্বিতীয় সহস্রাব্দে ভারত ও চীনে উৎপাদিত হয়েছিল। সীসার উৎপাদন ইউরোপে কিছুকাল পরে হয়েছিল যদিও উল্লেখ পাওয়া যায় যে টাইরের

(Tyre) বাণিজ্যমেলায় খ্রিস্টপূর্ব ষষ্ঠ শতাব্দীতে সীসা আনা হয়েছিল। হামুরাবির (Hammurabi) রাজত্বকালে ব্যাবিলনে প্রচুর পরিমাণে সীসা উৎপাদন করা হতো। বহুকাল ধরে টিনের সঙ্গে সীসাকে গুলিয়ে ফেলা হতো। টিনের নাম ছিল "প্লাম্বাম অ্যাল্বাম" (plumbum album) এবং সীসার — "প্লাম্বাম নিগ্রাম" (plumbum nigrum)। মধ্যযুগে এ দুটি পৃথক ধাতু বলে পরিগণিত হয়েছিল।

গ্রীক এবং ফিনিকিয়গণ স্পেইনে অনেক সীসার খনি খনন করেছিল, পরে সেগুলি রোমানরা অধিকার করে নেয়। প্রাচীন রোমে প্রচুর পরিমাণে সীসা ব্যবহৃত হতো — বাসনপত্তর, শলাকা এবং রোমানদের বিখ্যাত ভূগর্ভস্থ জলবাহী নল ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হতো। সফেদ সীসা প্রস্তুতিতেও সীসা ব্যবহৃত হতো। রোড্স (Rhodes) দ্বীপ থেকে সবচেয়ে বেশী পরিমাণ সফেদ সীসা রপ্তানী হতো। এটির প্রস্তুতিতে এখনও যে পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় তা হলো এই রূপ: সীসার খণ্ডকে ভিনিগারে ডুবিয়ে রাখা হয় এবং এইভাবে উৎপন্ন লবণকে জল সহযোগে অনেকক্ষণ ফোটানো হয়। কিন্তু রেড লেড আকস্মিকভাবে পাওয়া গিয়েছিল। গ্রীক বন্দর পিরাইয়াসে আগুন লাগলে, সীসার ব্যারেলগুলিকে আগুন ঘিরে ফেলে এবং আগুন নিভে যাওয়ার পর পোড়া ব্যারেলের মধ্যে লাল রঙের পদার্থ পাওয়া গিয়েছিল, যা ছিল রেড লেড।

যদিও অনেককাল আগের থেকে রাশিয়াতে সীসা জানা ছিল, কিন্তু অষ্টাদশ শতাব্দী পর্যন্ত সীসা উৎপাদনের পদ্ধতি ছিল খুব পুরোনো। আগ্নেয়াস্ত্র আবিষ্কারের পর গুলি তৈরীতে সীসা ব্যবহৃত হতো এবং সামরিক প্রয়োজনে এখনও সীসার খুবই গুরুত্ব আছে। কিন্তু "সামরিক" প্রয়োজন ছাড়াও শান্তিপূর্ণ অনেক কাজে সীসার প্রয়োজন আছে; যেমন ছাপাখানার অক্ষরগুলি সীসা ও অ্যান্টিমনির সঙ্কর ধাতু দিয়ে প্রস্তুত করা হয়। বিকিরণ পরীক্ষায় বিকিরণ থেকে রক্ষার্থে সীসা ব্যবহার করা হয়

সীসার গ্রীক নাম হলো মলিবডোস (molibdos) এবং এর রাসায়নিক সংকেত Pb ল্যাটিন শব্দ প্লাম্বাম (Plumbum) থেকে এসেছে।

টিন

বিশেষত, টিন প্রকৃতিতে ক্যাসিটেরাইট নামে খনিজ হিসেবে পাওয়া যায়। এটা বলা হয় যে, প্রায় 6-6.5 হাজার বছর আগে টিন আবিষ্কৃত

হয়েছিল, তারমানে তামার যুগের সমসাময়িক। ভূমধ্যসাগরীয় দেশগুলিতে, পারস্যে এবং ভারতে টিন ব্যাপকভাবে জানা ছিল। ব্রোঞ্জ প্রস্তুত করতে মিশরীয়গণ পারস্য থেকে টিন আমদানী করতো। 'Ancient Egyptian Materials and Their Production' বইয়ে এ. লুকাস (A. Lukas) লিখেছেন যে যদিও টিনের আকরিক মিশরে জানা ছিল না, তবুও অষ্টাদশ রাজবংশের (1580-1350 খ্রিস্টপূর্ব) গোরস্থান থেকে প্রাচীনতম টিনের জিনিস (বিশেষ করে একটা আংটি এবং একটি পাত্র) পাওয়া গিয়েছিল। ভূমধ্যসাগরীয় অঞ্চলেই কেবলমাত্র টিন জানা ছিল না, অন্যান্য অঞ্চলেও জানা ছিল। ব্রিটেনের মধ্যাঞ্চলে টিন উৎপাদনের কথা জুলিয়াস সিজার উল্লেখ করেছেন। 1519 খ্রিস্টাব্দে, কোর্টেজ (Cortez) দক্ষিণ আমেরিকায় উপস্থিত হয়ে দেখেছিলেন যে, মেক্সিকোতে টিনের মুদ্রার খুব প্রচলন ছিল। যদিও আমেরিকায় টিন আবিষ্কারের সময় অজ্ঞাত।

প্রাচীনকালে টিন ব্রোঞ্জের উপাদান হিসেবেই কেবলমাত্র ব্যবহৃত হতো না, বাসনপত্তর এবং অলংকারেও ব্যবহৃত হতো। তামার পাতকে ক্ষয়ের হাত থেকে রক্ষার জন্যে টিনের প্রলেপ দেওয়ার কথা 'প্লিনি দি এলডার' এবং 'ডাইয়োস্কোরাইডস' উল্লেখ করেছেন।

ত্রয়োদশ শতাব্দী পর্যন্ত ইউরোপের মধ্যে ইংলন্ডই একমাত্র দেশ যে টিন উৎপাদন করতো। টিন মোটামুটি দামী ছিল। ষোড়শ শতাব্দীর মাঝ পর্যন্ত এটির দাম ছিল রুপোর সমান এবং তা সৌখিন জিনিস প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হতো। পরে উৎপাদন বাড়লে, এটি নানা কাজে ব্যবহৃত হতে লাগলো — যেমন টিনের পাত প্রস্তুতিতে।

টিনের ল্যাটিন নাম স্ট্যানাম (Stannum) কথাটা সংস্কৃত শব্দ স্ট্যান (Stan) থেকে এসেছে — যার মানে কঠিন। আর ল্যাটিন শব্দ থেকে এর রাসায়নিক সংকেত Sn এসেছে।

পারা (পারদ)

রাশিয়ান বিজ্ঞানী, ই. এফরেমোভ 'The Lake of the Mountain Spirits' নামে বিজ্ঞানের কল্পকাহিনীতে লিখেছেন, রৌদ্রোজ্জ্বল দিনে যে কেউ হ্রদে বেড়াতে এলে মারা যেত। এই অঞ্চলে বসবাসকারী মানুষরা মনে করতো যে, হ্রদে মন্দ প্রেতাত্মারা বাস করে যারা ভ্রমণকারীদের ঘৃণা করতো। পর্বতশীর্ষে অবস্থিত এই হ্রদে ভূবিদরা উপস্থিত হয়ে বিস্মিত

হন যে হ্রদে কেবলমাত্র জলই শুধু নেই, তার সঙ্গে মুক্ত পারাও আছে। ঐ মন্দ প্রেতাত্মা মুক্ত পারার বাষ্প ছাড়া আর কিছুই নয়, পারাপূর্ণ হ্রদ থেকে গরম আবহাওয়াতে পারার বাষ্প ওঠে।

বাস্তবিক, পারা প্রায়ই মুক্ত অবস্থায় ও অপ্রত্যাশিত অঞ্চলে পাওয়া যায়। যেমন স্পেইনের পর্বতাঞ্চলের কুয়োর তলায় পারা পাওয়া যায়। প্রচীন কালে চীনে ও ভারতে পারা জানা ছিল। খ্রিস্টপূর্ব দ্বিতীয় সহস্রাব্দের মাঝামাঝি সময়কার মিশরীয় সমাধিগুলি খননের ফলে পারার হদিশ পাওয়া গিয়েছিল। প্রাচীনকালে কিন্নাবারই ছিল পারার একমাত্র খনিজ বলে বেশীরভাগ গবেষক বিশ্বাস করেন। থিয়োফ্রাস্টোস (Theophrastos) (300 খ্রিস্টপূর্ব) তামা ও ভিনিগার সহযোগে কিন্নাবার থেকে পারা নিষ্কাশনের কথা বর্ণনা করেছিলেন। প্রাচীনকালেই মানুষ পারার সঙ্গে পরিচিত ছিল, তার কারণ কিন্নাবারকে অনেকক্ষণ ধরে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে অপেক্ষাকৃত সহজে পারা নিষ্কাশন করা যেত।

স্পেইনের অ্যালমাডেন অঞ্চলের পারার সঞ্চয়টি ছিল পৃথিবীর বৃহত্তম। রোমান সামাজ্যের সময় থেকে এই সঞ্চয়টিকে কাজে লাগানো হয় এবং রোমানরা বছরে 4.5 টন পারা এখান থেকে নিষ্কাশিত করতো।

প্রাচীনকালে পারাকে নানাভাবে কাজে লাগানো হতো। পারার সংকরধাতু দিয়ে আয়না তৈরী করা হতো। পারা এবং এটির যৌগগুলি ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হতো। কিন্নাবার রঙের কাজে প্রধানত ব্যবহার করা হতো এবং তা সাধারণত বিশুদ্ধ পারা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হত না। গ্যালভানাইজেশন পদ্ধতি আবিষ্কারের পূর্বে, কোন ধাতুকে চকচকে করার এবং তার ওপর প্রলেপ দেওয়ার কাজে পারা ব্যবহার করা হতো। ধাতু, পারদসংকর ধাতুর পাতে লাগিয়ে অধিক তাপে উত্তপ্ত করা হতো। এতে পারা বাষ্পীভূত হয়ে চলে গেলে পাতটির ওপর সোনা বা রূপোর সূক্ষ্ম প্রলেপ থেকে যেতো। এই পদ্ধতি খুবই অস্বাস্থ্যকর ছিল। গ্যাস অধ্যয়নের ব্যাপারে পারা উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল — গ্যাস-পাম্পে এবং গ্যাসদ্রোনীতে পারা ব্যবহার করা হতো।

অ্যারিস্টোট্‌ল পারার নাম দিয়েছিলেন "তরলরূপো" এবং ভাইয়োস্কো রাইডস বলেছিলেন "রূপোর জল"। এর থেকে পারার ল্যাটিন কথাটি — হাইড্রারজিয়াম (hydrargium) এসেছে। অবশ্য পারার রুশী নামটির ইতিহাস সম্বন্ধে এখনও অনেক কিছু জানা যায় নি।

অধ্যায় 2

মধ্যযুগে আবিষ্কৃত মৌলসমূহ

কিছু রাসায়নিক মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাস খুব স্পষ্ট নয়। প্রথম অধ্যায়ে বর্ণিত ন'টি মৌলকে প্রাচীন কালের মৌল হিসেবে রাখার আমাদের যথেষ্ট কারণ আছে। ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ এবং দস্তা এই পাঁচটি মৌলকে এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। প্রাগৈতিহাসিক কাল থেকে বা খিস্টপূর্ব কোন এক সময় থেকে এই সমস্ত মৌল (ফসফরাস ব্যতীত) বা নিদেনপক্ষে এগুলির আকরিক এবং খনিজ মানুষের জানা ছিল বলে প্রমাণ আছে। এগুলির সম্বন্ধে জ্ঞান ছিল বিভ্রান্তিকর এবং দ্ব্যর্থকমূলক। এগুলির সম্বন্ধে ধারণা অনেক স্পষ্ট হয়েছিল কিমিয়াবিদ্যার সময়, যখন রসায়নাগারে এবং রাসায়নিক দ্রব্য বিক্রেতার দোকানে নানাবিধ রাসায়নিক পদ্ধতির পরীক্ষা করা হতো। যদিও এগুলির প্রকৃতি অস্পষ্টই রয়ে গিয়েছিল, তবুও অনেক প্রয়োজনীয় যৌগের (বিশেষ করে অ্যাসিড এবং লবণের) ভিত্তি ছিল এগুলি।

মধ্যযুগের রসায়নবিদগণ কর্তৃক আবিষ্কৃত মৌলদের আমরা এই অধ্যায়ে আলোচনা করবো। কিন্তু বৈশ্লেষিক রসায়ন এ সময় অজানা ছিল এবং এগুলির সঙ্গে কেবলমাত্র পরিচয় হওয়াটাই এগুলির আবিষ্কার বলা যায় না।

অতএব ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ ও দস্তার অসাধারণ ইতিহাস আছে। প্রকৃতির অদ্ভুত খেয়ালে P, As, Sb ও Bi পর্যায় সারণীর পঞ্চম শ্রেণীর প্রধান উপবিভাগে বিদ্যমান এবং এগুলির ধর্মের সাদৃশ্য থাকায় প্রায়ই বিভ্রান্তি হতো।

এই মৌলগুলির আবিষ্কারের ক্রমটি খুব গুরুত্বপূর্ণ নয় এবং আমরা ফসফরাস দিয়ে আলোচনা শুরু করবো।

এটি খুবই আকর্ষণীয় যে প্রাচীনকাল ও মধ্যযুগের মৌলগুলির মধ্যে কেবলমাত্র ফসফরাসের আবিষ্কারের সঠিক সময় (বছর হিসেবে) জানা আছে — সেটি 1669 খ্রিস্টাব্দ। এই সময়ের পূর্বে ফসফরাস বা এটির যৌগ জানা ছিল কিনা তার সঠিক তথ্য নেই। সপ্তদশ শতাব্দীতে ফসফরাসের আকস্মিক আবিষ্কার বিদ্বজ্জন সমাজকে যথেষ্ট প্রভাবিত করে। এবং এই পদার্থটির অস্বাভাবিক ধর্মের জন্যে প্রকৃতই এটি রোমাঞ্চকর ছিল (এটিকে এখন "মৌল" হিসেবে অভিহিত করাটা খুবই তাড়াতাড়ি হয়ে যায়): সাধারণ তাপমাত্রায় বাতাসে এটি অনুপ্রভা সৃষ্টি করেছিল। বোলগ্না পাথরের (Bologna stone) [ব্যারাইটাকে কয়লা ও তেল সহযোগে ভস্মীকরণে প্রাপ্ত পদার্থ, তারমানে বেরিয়াম সালফাইড, Bas] ন্যায় যৌগদের 'ফসফোর'' (গ্রীক শব্দ phos মানে আলো এবং phoro মানে 'বহন করা') বলে। অতএব মৌলটি আবিষ্কারের পূর্বে নামটি আবির্ভূত হয়েছিল।

এটির আবিষ্কারের ইতিহাসটিও অদ্ভুত। হেনিং ব্রান্ড (Hening Brand) নামে এক দেউলিয়ে ব্যবসাদার হাম্বুর্গে বাস করতেন। এই সময় কিমিয়াবিদ্যার পতন শুরু হলেও, পরশপাথরের অন্বেষণ তখনও সজীব ছিল। এইচ. ব্রান্ড ছিলেন এদের একজন, যারা এটিকে বিশ্বাস করতেন। ব্যবসায়ে উন্নতি করার আশায় তিনি বিভিন্ন পদার্থের প্রাথমিক বস্তুর সন্ধান আরম্ভ করেছিলেন। এগুলির মধ্যে অন্যতম — মানুষের প্রস্রাব তিনি বিশ্লেষণ করেছিলেন। এইচ. ব্রান্ড প্রস্রাবকে বাষ্পীভবনে সিরাপের ন্যায় তরলে পরিণত করেন, পরে এটিকে পাতনে যে লাল রঙের তরল বস্তু পান তার নাম দেন "প্রস্রাবের তেল'' (Urine oil)। এটিকে পুনঃপাতনে, ব্রান্ড বকযন্ত্রের তলায় কালো রঙের বস্তুর অধঃক্ষেপ লক্ষ্য করেন। এই অবশেষটিকে বহুক্ষণ ধরে ভস্মীকরণে পাত্রের গায়ে সাদা অনুপ্রভাসৃষ্টিকারী পদার্থ জমা হয়। কিমিয়াবিদটির আনন্দের কথাটা চিন্তা করুন। তিনি যে মৌলিক আলো আবিষ্কারে সমর্থ হয়েছেন, এবিষয়ে নিশ্চিত ছিলেন। এইচ. ব্রান্ড তাঁর আবিষ্কারকে গোপন রাখতে চেষ্টা করেছিলেন এবং অন্যান্য ধাতু থেকে সোনা প্রস্তুতের আশায় ফসফরাস নিয়ে কাজ চালিয়ে যেতে লাগলেন। যে কোন জন ধারণা করতে পারে যে, এই প্রচেষ্টাগুলি ব্যর্থ হয়েছিল।

কিন্তু এইচ. ব্রান্ড তাঁর আবিষ্কারকে অনেকদিন পর্যন্ত গোপন রাখতে পারেননি। এবং পরে তিনি নিজেই এই রহস্য উদ্‌ঘাটন করেন। অন্যান্য ধাতু থেকে সোনা প্রস্তুতিতে অসমর্থ হওয়ায়, ব্রান্ড এটির প্রস্তুত পদ্ধতি গোপন রেখে, এই নতুন অসাধারণ পদার্থটিকে বাজারজাত করতে মনঃস্থ করলেন। কিন্তু এ ব্যাপারেও তিনি ব্যর্থ হন। ইউরোপে ফসফরাস জানাজানি হলে, এটি একাধিক বিজ্ঞানীর দৃষ্টি আকর্ষণ করে। যেমন বিখ্যাত গণিতজ্ঞ জি. লাইব্‌নিজ (G. Leibniz), জে. ক্রাফ্‌ট (J. Kraft), জে. কুনকেল (J. Kunkel), আর. বয়েল (R. Boyle), হাইগেন (Huygens) এবং এছাড়া আরো অনেক রসায়নবিদ ও পদার্থবিদ ছিলেন সাক্সনির রাজপুত্রের রাজসভার তদকালীন কিমিয়াবিদ জে. কুনকেল ফসফরাস প্রস্তুতির গোপন তত্ত্ব ব্রান্ডের কাছ থেকে জানার জন্য তাঁর সহকারী জে. ক্রাফ্‌টকে হামবুর্গে পাঠিয়েছিলেন। জে. ক্রাফ্‌ট 200 থ্যালারের (অপ্রচলিত জার্মান রৌপ্যমুদ্রা) বিনিময়ে ব্রান্ডের কাছ থেকে গোপন তত্ত্বটি বার করেন, কিন্তু তিনি কুনকেলের কাছে ফিরে যাননি। ক্রাফ্‌ট এই নতুন পদার্থটির প্রস্তুত পদ্ধতিটি নিজের কাছে রাখতে মনঃস্থ করেন। এই বিস্ময়কর পদার্থটির অনুপ্রভার সাহায্যে সম্ভ্রান্ত সমাজের লোকদের অভিভূত করতে তিনি ইউরোপ ভ্রমণে বার হয়েছিলেন। জে. কুনকেল নিজেই ফসফরাস প্রস্তুত করতে সচেষ্ট হন এবং অনেক চেষ্টার পর তিনি এই নতুন মৌলটি পৃথক করতে সমর্থ হন।

ফসফরাসের সবিস্তার প্রস্তুত প্রণালী, যা দিয়ে এইচ. ব্রান্ড ফসফরাস প্রস্তুত করেছিলেন, তা আমাদের জানা নেই, কিন্তু কুনকেলের পদ্ধতি (1676) আমাদের ভালোই জানা আছে। সদ্য-করা প্রস্রাবকে বাষ্পীভূত করে কালো রঙের পদার্থে পরিণত করা হয়, সেটিকে প্রথমে সাবধানে উত্তপ্ত করে, পরে বালি ও কয়লা সহযোগে প্রচণ্ডভাবে উত্তপ্ত করা হয়। উদ্বায়ী এবং তেলের মত পদার্থ দূর হওয়ার পর বকযন্ত্রের ঠাণ্ডা দেওয়ালে কঠিনাকার সাদা পদার্থ জমে থাকে। এই পদ্ধতিটিতে নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়:

$$NaNH_4HPO_4 \xrightarrow{t} NaPO_3 + NH_3\uparrow + H_2O$$

$$2NaPO_3 + SiO_2 \xrightarrow{t} Na_2SiO_3 + P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 5C \xrightarrow{t} P_2 + 5CO\uparrow$$

কুনকেলও পদ্ধতিটি কাউকে জানাবেন না বলে মনঃস্থ করেছিলেন। 1680 খিস্টাব্দে আর. বয়েল হলেন তৃতীয় ব্যক্তি যিনি প্রায় অনুরূপ ভাবে ফসফরাস প্রস্তুত করেন। লণ্ডনের রয়েল সোসাইটিতে তিনি একটি ব্যক্তিগত বিধিতে এটি জানান। বয়েলের সহকারী এ. হানচ্‌কেয়ুট্‌জ্‌ (A. Hanckewitz) মোটামুটি বৃহদায়তনে ফসফারস উৎপাদন শুরু করেন। ফসফরাস দামী হওয়ায় তিনি প্রচুর লাভ করেছিলেন।

বহুকাল ধরে এটা মনে করা হতো যে, ফসফরাস (সাদা) কেবলমাত্র একটিমাত্র রূপে বিদ্যমান, কিন্তু 1847 খিস্টাব্দে এ. স্রোইটের (A. Schroeter) বায়ুর অবর্তমানে সাদা ফসফরাসকে 300°C-এ উত্তপ্ত করে লাল ফসফরাস প্রস্তুত করেন। সাদা ফসফরাসের পরিপ্রেক্ষিতে এটি না ছিল বিষাক্ত, না ছিল বাতাসে দাহ্য। 1934 খিস্টাব্দে পি. ব্রিজম্যান (P. Bridgeman) উচ্চচাপে ফসফরাসকে উত্তপ্ত করে কালো রঙের ফসফরাসের তৃতীয় বহুরূপটি আবিষ্কার করেন।

আর্সেনিক

আর্সেনিক যৌগ, বিশেষ করে সাল্‌ফাইড যৌগ As_2S_3 (অরপিমেন্ট) এবং As_4S_4 (রিয়েলগার বা সাণ্ডারাক), গ্রীক ও রোমানদের জানা ছিল। অরপিমেন্ট "আর্সেনিক" নামেও পরিচিত ছিল। প্লিনি দি এল্ডার এবং ডাইয়োস্কোরাইডস এই সমস্ত যৌগের বিষের কথা উল্লেখ করেন। ডাইয়োস্কোরাইডস লক্ষ্য করেন যে, আর্সেনিককে ভস্মীকরণে সাদা আর্সেনিক (অক্সাইড) পাওয়া যায়।

কখনও কখনও প্রকৃতিতে আর্সেনিক মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। আর্সেনিককে এটির যৌগ থেকে সহজে নিষ্কাশিত করা যায়। কে প্রথম মৌল আর্সেনিক আবিষ্কার করে তা জানা নেই। সাধারণত, অ্যালবার্ট দি গ্রেট (Albert the great) এটি আবিষ্কার করেছেন বলে বলা হয়। "আর্সেনিক" কে ডিমের খোলা দিয়ে ভস্মীকরণে ধাতব আর্সেনিক প্রস্তুত পদ্ধতি অ্যালবার্ট দি গ্রেট ও প্যারাসেলসাস বর্ণনা করেছেন। ধাতব আর্সেনিক বহুপূর্ব থেকে জানা আছে বলে কারু কারু বিবরণে বলা হয়েছে, কিন্তু এটিকে মুক্ত পারার একটি রূপ বলে মনে করা হতো। এর কারণ আর্সেনিকসালফাইড ছিল পারার খনিজের সঙ্গে সদৃশ এবং আর্সেনিক, এটির আকরিক থেকে নিষ্কাশন বরং সহজ ছিল।

মধ্যযুগে আর্সেনিক কেবলমাত্র ইউরোপেই জানা ছিল তা নয়, এশিয়াতেও জানা ছিল। চীনের কিমিয়াবিদগণ আকরিক থেকে আর্সেনিক নিষ্কাশন করতে পারত। আর্সেনিকের বিষক্রিয়ার জন্যে কোন ব্যক্তির মৃত্যু, মধ্য যুগে ইউরোপিয়গণ কোন ভাবেই বুঝতে পারত না। কিন্তু চীনের কিমিয়াবিদগণের, এটি নিশ্চিত করে বলার পদ্ধতি, জানা ছিল। দুর্ভাগ্যের বিষয় তাদের বিশ্লেষণের রীতি অজ্ঞাত। মানুষের শরীরে এবং মৃত্যুর আগে খাওয়া খাদ্যে আর্সেনিকের পরিমাণ নির্ণয় পদ্ধতি ইউরোপে ডি, মার্শ (D. Marsh) বার করেন। পরীক্ষাটি খুবই সূক্ষ্ম এবং আজও ব্যবহৃত হয়

যেহেতু কখনও কখনও টিনে আর্সেনিক বর্তমান থাকে, তাই টিন-পাত্রে বেশ কিছুকাল রাখা জল বা মদ মানুষের ওপর বিষক্রিয়া সৃষ্টির ঘটনার (যেমন চীনা সাহিত্যে) উল্লেখ পাওয়া যায়।

বহুকাল ধরে মানুষ সাদা আর্সেনিক, বা এটির অক্সাইড এবং আর্সেনিকের মধ্যে পার্থক্য বুঝতে অক্ষম ছিল এবং দুটি পদার্থকে অভিন্ন বলে মনে করতো। এই বিভ্রান্তি প্রথম দূর করেন এইচ. ব্রান্ড এবং পরে এ. ল্যাভয়সিয়ের, যিনি প্রমাণ করেন যে আর্সেনিক স্বতন্ত্র রাসায়নিক মৌল।

বহুদিন ধরে ইঁদুর এবং পোকামাকড় মারতে আর্সেনিক অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। আর্সেনিকের ল্যাটিন শব্দ আর্সেনিকাম (arsenicum) থেকে এটির সংকেত As এসেছে, যার ব্যুৎপত্তিটি জানা নেই।

অ্যান্টিমনি

সুদূর অতীত থেকে অ্যান্টিমনি ও এটির যৌগগুলি জানা আছে। 3400 খ্রিস্টপূর্বাব্দে দক্ষিণ ব্যাবিলনে পাত্রাদি নির্মাণে ধাতব অ্যান্টিমনি ব্যবহার করা হতো বলে কোন কোন পণ্ডিত মনে করেন। প্রাচীনকালে অ্যান্টিমনি প্রধানত প্রসাধনী বস্তু যেমন রাজ (rouge) এবং চোখের ভ্রূ কালো করতে কালো রং হিসেবে ব্যবহৃত হতো। মিশরে অ্যান্টিমনি আপাতদৃষ্টে বা সম্পূর্ণ অজানা ছিল। মিশরীয় গোরস্থান থেকে প্রাপ্ত জিনিস বিশেষত রং-মাখান মমি থেকে এটি মনে হয়।

প্রাচীনকালে সীসার সঙ্গে অ্যান্টিমনিকে ভুল করা হতো। অ্যান্টিমনির যথেষ্ট সঠিক বিবরণ পাওয়া যায় রেঁনেসাস যুগে কিমিয়াবিদ্যার লেখায়। যেমন জি. অ্যাগ্রিকোলা (G. Agricola) স্পষ্টভাবে বলেন যে অ্যান্টিমনি

একটি ধাতু, যা অন্যান্য ধাতু থেকে আলাদা। "Triumphal Carriage of Antimonium" নামে গ্রন্থে ব্যাসিলিয়াস ভ্যালেন্টাইনাস (Basilius Valentinus) অ্যান্টিমনি সম্বন্ধে কেবল লেখেন, যেখানে তিনি অ্যান্টিমনি ও এটির যৌগের ব্যবহার সম্বন্ধে বর্ণনা দিয়েছেন।

অ্যান্টিমনির ল্যাটিন শব্দ অ্যান্টিমনিয়াম antimonium-এর একাধিক ব্যাখ্যা আছে। খুব সম্ভবত গ্রীক শব্দ অ্যান্টিমনাস (antimonos) থেকে এটি এসেছে, যার মানে 'একাকিত্বের শত্রু' (an enemy of solitude) এবং যার দ্বারা বোঝান হয় যে অন্যান্য খনিজের সঙ্গে অ্যান্টিমনি পাওয়া যায়।

বিসমাথ

বহু শতাব্দী ধরে বিসমাথ মানুষের জানা ছিল, কিন্তু অনেক দিন ধরে এটিকে অ্যান্টিমনি, সীসা এবং টিনের সঙ্গে গোলমাল করে ফেলা হতো। যেমন, প্যারাসেলসাস (Paracelsus) বলেছিলেন যে অ্যান্টিমনি দুটি রূপে পাওয়া যায় — কালো রূপটি সোনা বিশুদ্ধকরণে ব্যবহার করা হয়, যেটির সীসার সঙ্গে খুব সাদৃশ্য আছে এবং সাদা রূপটিকে বিসমাথ বলে এবং এটির সঙ্গে টিনের মিল আছে। দুটি রূপকে একত্রে মিশালে রূপোর মত হয়। রাসায়নিক দিক থেকে এই বিভ্রান্তি সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ একে অন্যের সদৃশ এবং পর্যায়সারণীর পূর্ববর্তী শ্রেণীর মৌল সীসা ও টিনের সঙ্গে অ্যান্টিমনি সমবৈশিষ্ট্য সম্পন্ন মৌল।

প্যারাসেলসাসের মত না বলে অ্যাগরিকোলা বিসমাথের বিশদ বিবরণ দেন এবং সাক্সনি থেকে প্রাপ্ত আকরিক থেকে নিষ্কাশন পদ্ধতিও বর্ণনা করেন। খনি মজদুররা মনে করতো যে টিনের ন্যায় বিসমাথও সীসার একটি রূপ এবং বিসমাথকে রূপোয় পরিবর্তন করা যেতে পারে।

পঞ্চদশ শতাব্দী থেকে মধ্য রাশিয়ায় বিসমাথ জানা ছিল। বই ছাপার উন্নতিতে অ্যান্টিমনির সঙ্গে বিসমাথও ছাপার অক্ষর প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হতে লাগলো। বিসমাথের ন্যায় এত অধিক সংখ্যায় বিভিন্ন নামের ব্যবহার, লেখালেখিতে খুব কম মৌলের ক্ষেত্রে দেখা যায়। ই. ভন. লিপমান (E. von Lippmann) তাঁর "বিসমাথের ইতিহাস — 1480 থেকে 1800 খ্রিষ্টাব্দ পর্যন্ত" (History of Bismuth from 1480 to 1800) বইয়ে ইউরোপে প্রচলিত বিসমাথের একুশটি নামের উল্লেখ করেছেন। অষ্টাদশ শতাব্দীতে কেবলমাত্র, বিসমাথ যে একটি স্বতন্ত্র মৌল তার যথেষ্ট স্পষ্ট ধারণা হয়।

দস্তা এমন একটি মৌল যার যৌগগুলি সুদূর অতীত থেকেই মানুষের জানা ছিল। ক্যালামিন (জিংক কার্বনেট) এটির সবচেয়ে পরিচিত আকরিক। এটিকে ভস্মীকরণে জিংক অক্সাইড পাওয়া যায়, যা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হতো — যেমন, চোখের অসুখের চিকিৎসায়।

যদিও জিংক অক্সাইডকে অপেক্ষাকৃত সহজে মুক্ত ধাতুতে বিজারিত করা যায়, তবুও ধাতব অবস্থায় এটিকে পাওয়া গিয়েছিল তামা, লোহা, টিন এবং সীসার অনেক পরে। এর কারণ হলো যে, কয়লা দিয়ে জিংক অক্সাইডকে বিজারণে অধিক তাপমাত্রার প্রয়োজন (প্রায় 1100°C) হয় এবং ধাতব দস্তার স্ফুটনাঙ্ক 906° C হওয়ায় বিজারণ ক্ষেত্র থেকে অধিক উদ্বায়ী দস্তার বাষ্প বার হয়ে চলে যায়।

ধাতব দস্তাকে পৃথক করার আগে এটির আকরিক, পেতল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হতো। পেতল হলো দস্তা এবং তামার সংকর ধাতু। গ্রীক, রোম, ভারত ও চীনে পেতল জানা ছিল। এটি প্রতিষ্ঠিত সত্য যে, অগাস্টাসের (Augustus) রাজত্ব কালে (20 থেকে 14 খ্রিস্ট পূর্বাব্দ) রোমানরা প্রথম পেতল প্রস্তুত করে। এটা খুবই বিস্ময়ের কথা যে, পেতল প্রস্তুতির রোমান পদ্ধতি ঊনবিংশ শতাব্দী পর্যন্ত ব্যবহৃত হয়েছে।

কখন ধাতব দস্তা পাওয়া গিয়েছিল, এটা প্রতিষ্ঠা করা অসম্ভব। প্রাচীন ডাসিয়ান (Dacian) ধ্বংসাবশেষ থেকে প্রাপ্ত মূর্তিতে 27·5% দস্তা ছিল। সম্ভবত, পেতল প্রস্তুত কালে উপজাত হিসেবে পাওয়া গিয়েছিল দস্তা।

দশম থেকে একাদশ শতাব্দীতে ইউরোপে দস্তা উৎপাদনের গোপন রহস্য হারিয়ে যায় এবং ভারতবর্ষ ও চীন থেকে দস্তা আমদানী করতে হয়। বৃহদায়তনে দস্তা উৎপাদনে চীনই হলো প্রথম দেশ বলে মনে করা হয়। উৎপাদন পদ্ধতি ছিল খুবই সরল। ক্যালামিন ভর্তি মাটির পাত্রগুলির মুখ ভালোভাবে বন্ধ করে, পাত্রগুলি পিরামিডের ন্যায় সাজান হতো এবং পাত্রগুলির মধ্যবর্তী স্থানে কয়লা পূর্ণ থাকতো। পাত্রগুলিকে লাল হওয়া পর্যন্ত গরম করে, পরে পাত্রগুলিকে ঠাণ্ডা করলে দস্তার বাষ্প ঘনীভূত হলে, ধাতব খণ্ড বার করা হতো।

ষোড়শ শতাব্দীতে ইউরোপীয়গণ পুনরায় দস্তা উৎপাদন পদ্ধতি আবিষ্কার করে, যখন দস্তা স্বতন্ত্র ধাতু রূপে পরিগণিত হয়ে গিয়েছে। পরবর্তী দুই শতাব্দী ধরে বহু রসায়ন ও ধাতুবিদগণ দস্তা নিষ্কাশন

পদ্ধতি নিয়ে কাজ করেন। এ ব্যাপারে বেশিভাগ সুনাম পাওয়া উচিত এ. মার্গ্রাফ (A. Marggraf)-এর, যিনি 1746 খ্রিস্টাব্দে "প্রকৃতিতে প্রাপ্ত খনিজ ক্যালামিন থেকে দস্তা নিষ্কাশন পদ্ধতিসমূহ" (Methods of Extraction of Zink from its Native Mineral Calamine) নামে একখানি বই প্রকাশিত করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে র‍্যাম্মেলস্‌বার্গ (জার্মানি) থেকে প্রাপ্ত সীসার আকরিকে দস্তা পাওয়া যায় এবং প্রাকৃতিক জিংক সালফাইড — স্ফেলেরাইট থেকে ঐ একই দস্তা পাওয়া যায়।

জিংক (দস্তা) কথাটা ল্যাটিন শব্দ থেকে এসেছে, যার মানে "সাদা" বা "সাদা তলানি"। কেউ কেউ বলেন জিংক কথাটা জার্মান শব্দ "Zink" থেকে এসেছে, যার মানে সীসা।

অধ্যায় 3

বাতাস ও জলে বিদ্যমান মৌলসমূহ

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন এই তিনটি মৌল গ্যাসের বিবরণ এই অধ্যায়ে আছে। অষ্টাদশ শতাব্দীর দ্বিতীয় ভাগে যেগুলির আবিষ্কার ছিল রসায়নের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। পৃথিবীর বেশীভাগটি নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সমবায়ে গঠিত, অন্যান্য গ্যাসগুলি কম পরিমাণে আছে। অন্যতম বিস্ময়কর যৌগ — জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা সৃষ্ট। এই তিনটি মৌল একত্রে কার্বনের সঙ্গে জৈবযোগ গঠন করে, যেগুলি সমস্ত জীবজন্তু এবং গাছপালায় পাওয়া যায়। এর কোন ব্যতিক্রম নেই।

হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের আবিষ্কার এবং এগুলির সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান রসায়নশাস্ত্রের উন্নতিতে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছিল। কারণ, এর জন্যে অনেক আধুনিক ধারণার উদ্ভব হয়েছিল। এই গ্যাসগুলির আবিষ্কারের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে সম্বন্ধযুক্ত অবদানের তালিকা হলো — দহনের অক্সিজেন তত্ত্ব (এ. ল্যাভয়সিয়ের) পরমাণুবাদতত্ত্ব (জে. ডাল্টন) অম্ল-ক্ষার তত্ত্ব; অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের পরিপ্রেক্ষিতে পারমাণবিক গুরুত্ব (ভর) নির্ণয়; সমস্ত মৌলের সৃষ্টি ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনকে প্রাথমিক পদার্থ হিসেবে কল্পনা করা (ভি. প্রাউট (V. Prout))।

মৌলের ইতিহাসের ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের আবিষ্কার একটি বিশেষ স্থান অধিকার করে আছে। এই সমস্ত মৌলের প্রকৃত পরিচয় জানা ছিল জটিল, পরস্পর বিরোধী এবং সুদীর্ঘ প্রক্রিয়া। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে নতুন গ্যাসীয় পদার্থের (হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন) আবিষ্কারে বিজ্ঞানীরা তখনও জানতেন না যে তাঁরা নতুন রাসায়নিক মৌল নিয়ে কাজ করছেন।

সুদূর অতীত থেকে এক ধরনের গ্যাসই কেবল জানা ছিল, তা হলো বাতাস। এটি পদার্থবিজ্ঞানে অধ্যয়ন করা হতো এবং এই বিষয়ে রসায়নের

ক্ষেত্রে কোন কৌতূহল ছিল না। বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় (যেমন গাঁজন বিক্রিয়ায় বা পচনে) সৃষ্ট বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থকে বিজ্ঞানীগণ বাতাসের বিভিন্ন রূপ বলে মনে করতেন। সপ্তদশ শতাব্দীর প্রারম্ভে "গ্যাস"-এর ধারণাটি দেখা দেয়। বিখ্যাত প্রকৃতি বিজ্ঞানী জে. ভ্যান হেলমণ্ট (J. Van Helmont) এই ধারণাটি উপস্থিত করেন। জে. ভ্যান হেলমণ্ট একবার 62 পাউন্ড কাঠ পুড়িয়ে মাত্র এক পাউন্ড ছাই পান। কাঠের অবশিষ্ট অংশ কিসে রূপান্তরিত হয়েছিল? তিনি বিশ্বাস করেছিলেন যে, ওটি "কাষ্ঠ কোহলে" (Wood spirit; spiritus silvester) পরিণত হয়েছে। তিনি এই পূর্বে অজ্ঞাত "কোহল"-এর নাম "গ্যাস" দিয়েছিলেন, বলে লিখেছেন। এখন আমরা বুঝেছি যে, তিনি কার্বন ডাই অক্সাইড পেয়েছিলেন। 100 বছরের পরে ইংরেজ পদার্থবিদ জে. ব্ল্যাক (J. Black) সেটিকে পুনরায় প্রস্তুত করেন। কিন্তু জে. ভ্যান হেলমন্ট তাঁর আবিষ্কারটি বুঝতে পারেন নি। তিনি "কাষ্ঠ কোহল" কে বাতাসের একটি রূপ হিসেবে দেখেছিলেন।

অতএব, বাতাস ও জলের উপাদানের ক্ষেত্রে "নতুন মৌল আবিষ্কার" বাক্যটি তার পরবর্তীকালের অর্থে ব্যবহারে আমাদের কোন অধিকার নেই। অন্যদিকে, প্রাক বৈজ্ঞানিকযুগে হঠাৎ আবিষ্কৃত মৌল থেকে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আবিষ্কারে বহুলাংশে পার্থক্য ছিল। প্রথমত, অষ্টাদশ শতাব্দীতে "ফ্লোজিস্টন তত্ত্ব" (the theory of phlogiston) বা "ফ্লোজিস্টিক তত্ত্ব" (the phlogistic theory) নামের তত্ত্ব বেশ উন্নত ছিল। দ্বিতীয়ত, জে. ভ্যান হেলমণ্টের কল্যাণে, অবশেষে, পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থাটি রাসায়নিক অধ্যয়নের একটি নতুন বিষয় হয়েছিল — গ্যাস সংক্রান্ত রসায়ন এটির নিজস্ব গবেষণার ধারা এবং পরীক্ষাগারের যন্ত্রপাতি নিয়ে জন্ম নিয়েছিল। অন্য কথায়, তত্ত্বীয় ধারণার ওপর প্রতিষ্ঠিত অভীষ্ট লক্ষ্য জনিত পরীক্ষামূলক কাজের জন্যে মৌল গ্যাসগুলি আবিষ্কার সম্ভব হয়েছিল। এই সব মৌলের ঘটনা আরম্ভ করার আগে, আমাদের ফ্লোজিস্টিক তত্ত্ব এবং গ্যাসসংক্রান্ত রসায়নকে বিবেচনা করতেই হবে।

ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের সারাংশটি খুবই সরল। অতএব খুবই যুক্তিগ্রাহ্য বলে মনে হয়েছিল। এর নামটি গ্রীক শব্দ "phlogistos" থেকে উদ্ভূত হয়েছে, যার মানে "দাহ্য"। দহন, ধাতুর ভস্মীকরণ এবং শ্বসন কালের প্রক্রিয়াগুলির একটি ব্যাখ্যা এই তত্ত্বে পাওয়া যায় যদিও তার মূল বিষয়টি অস্পষ্ট। সুতরাং ফ্লোজিস্টন ধারণাটি উপস্থিত করা হলো, যা ঐ সকল প্রক্রিয়ার প্রত্যেকটি চলাকালে মুখ্য ভূমিকায় অংশ নেয়।

যদিও বিভিন্ন বিজ্ঞানীগণ দাহ্য বস্তুর (Materia ignea) ধারণাটি বিভিন্নভাবে প্রকাশ করেছিলেন, তবুও জার্মান রসায়নবিদ এবং ডাক্তার জি. স্টহ্ল (G. Stahl) কে ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের প্রকৃত প্রবর্তনকারী বলে ধরা হয়। তিনি এইভাবে ব্যাখ্যা করেছিলেন: কোন পদার্থে ফ্লোজিস্টন উপস্থিত থাকলেই কেবলমাত্র সেগুলি জ্বলতে পারে। কোন পদার্থে যত বেশী পরিমাণে ফ্লোজিস্টন থাকবে সেটি তত সক্রিয়ভাবে জ্বলবে। কয়লা হলো প্রায় বিশুদ্ধ ফ্লোজিস্টনের উদাহরণ। ভস্মীকরণে ধাতুগুলি ফ্লোজিস্টন হারিয়ে মৃত্তিকায় (earths) পরিণত হয়। ভস্মীকৃত ধাতুতে ফ্লোজিস্টন যোগে পুনরায় বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। ধাতুর আঁশ (metal scale) কে কয়লা সহযোগে ভস্মীকরণ করা হলো এটির প্রকৃষ্ট উদাহরণ। প্রাচীন ধাতুবিদরাও এই পদ্ধতিটি ভালোভাবে জানতেন।

আধুনিক রসায়নের দৃষ্টিকোণ থেকে এই সবের অর্থ দাঁড়ায় এই যে, জারণ বিক্রিয়া (যেমন ধাতুর ভস্মীকরণে উদ্ভূত অক্সাইড) কালে ফ্লোজিস্টন নষ্ট হয়, অপরদিকে, বিজারণ বিক্রিয়ায় (ধাতব অক্সাইডকে কয়লা সহযোগে ভস্মীকরণ) ফ্লোজিস্টন অর্জিত হয়। প্রত্যেকটি ব্যাপার এত সহজ এবং স্পষ্ট। কিন্তু রসায়নের প্রাথমিক শিক্ষার্থীও জানে যে, তত্ত্বটি ভুল। এই তত্ত্ব অনুসারে কোন বস্তুর ওজন দহনে বৃদ্ধি পাওয়ার চেয়ে অবশ্যই কমবে। ধাতুর থেকে ধাতব অক্সাইডটি অবশ্যই হাল্কা হবে। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্ব অনুসারে ধাতুগুলি (ধাতু + ফ্লোজিস্টন) যৌগপদার্থ এবং এগুলির অক্সাইডকে (মৃত্তিকা) সরল পদার্থ (ধাতু বিয়োগ ফ্লোজিস্টন) বলে অবশ্যই মানতে হবে।

যাহোক, ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বটিকে প্রায় একশো বছর ধরে স্বীকার করা হয়েছিল এবং দারুণভাবে সমর্থন করেছিলেন তদকালের বিখ্যাত রসায়নবিদরা, যাদের মধ্যে ছিল জি. ক্যাভেনডিশ (G. Cavendish), জে. প্রিস্টলে (I. Priestley) এবং সি. শীলে (C. Scheele)। এদের নামগুলি বাতাস ও জলে উপস্থিত মৌলগুলি আবিষ্কারের সঙ্গে জড়িত। তাঁদের আবিষ্কারের প্রাথমিক অবস্থাতে ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের ধারণাগুলি উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল।

গ্যাস অধ্যয়নে নতুন কৌতূহল গ্যাসসংক্রান্ত রসায়নের প্রসারে সাহায্য করেছিল এবং হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন আবিষ্কারের ক্ষেত্রে এটি ছিল দ্বিতীয় অবশ্যম্ভাবী পদক্ষেপ। গ্যাস প্রস্তুতির, সংগ্রহ এবং গ্যাসের ধর্মের বিশ্লেষণের পদ্ধতিসমূহ পর্যাপ্ত না থাকায় বহুদিন যাবৎ



সি. শীলে

গ্যাস অধ্যয়ন বেশ দুরূহ ছিল। প্রাণিদেহের বিশেষ থলিগুলি (মূত্রাশয়) ছিল প্রায় একমাত্র পরীক্ষা-পাত্র, যাতে উদ্ভূত গ্যাসকে সংগ্রহ এবং ওজন করা হতো। কঠিন বা তরল পদার্থ থেকে গ্যাস অধ্যয়ন অনেক বেশী দুরূহ বলে প্রমাণিত হয়েছিল।

অষ্টাদশ শতাব্দীর প্রারম্ভে ইংরেজ বিজ্ঞানী গ্যাস-গাছ আবিষ্কার করেন। এই যন্ত্রে যে পাত্রে (বিক্রিয়কের মিশ্রণ সমেত বকযন্ত্র) গ্যাস প্রস্তুত করা হয় তার থেকে সংগ্রাহকটি (যাতে উদ্ভূত গ্যাস সংগ্রহ করা হয়) পৃথক অবস্থায় ছিল। সংগ্রাহকটি ছিল জলপূর্ণ ফ্লাস্ক, যার মুখটি নিচের দিকে করা ছিল। যে গ্যাসটি অধ্যয়ন করা হতো তার বুদ্বুদগুলি ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করে জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা সঞ্চিত হতো।

গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়নের অন্যতম জনক, ইংরেজ বিজ্ঞানী জে. ব্ল্যাক নিজেও চুন এবং ম্যাগনেশিয়াম অ্যালবার (ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট) ন্যায় বহুকালের জানা যৌগের অধ্যয়নে গ্যাস-গাছ ব্যবহার করেছিলেন। এগুলিকে ভস্মীকরণে বা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। এখন আমরা সহজে অনুমান করতে পারি যে এই

গ্যাসটি কাষ্ঠ কোহলের সঙ্গে অভিন্ন ছিল, যে কাষ্ঠকোহলকে জে. ভ্যান হেলমণ্ট কাঠ পুড়িয়ে পেয়েছিলেন। এই তথ্যটি প্রতিষ্ঠিত করা এবং কিছু অস্পষ্ট ধারণা দেওয়া ছাড়া তিনি কিন্তু বেশীদূর অগ্রসর হননি। ব্ল্যাক ব্যাপারটি অনেকদূর নিয়ে গিয়েছিলেন। তিনি লক্ষ্য করেছিলেন যে ভস্মীকরণে বা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলিকে প্রাথমিক অবস্থায় পরিবর্তন করা যায়।

এখন একজন রসায়নবিদ এই অবদানের ওপর নিম্নলিখিতভাবে মন্তব্য করতে পারেন: একজন বিজ্ঞানী সম্মুখ বিক্রিয়া (কার্বনেটের অক্সাইড ও কার্বডাই অক্সাইডে বিয়োজন) এবং বিপরীত বিক্রিয়া (অক্সাইডের সঙ্গে কার্বন ডাই অক্সাইডের যোগের ফলে প্রাথমিক পদার্থের উৎপাদন) সংঘটিত করাতে পারে। প্রাথমিক বস্তুর ভর সম্পূর্ণরূপে পুনরুদ্ধার করা যায় এবং এইভাবে জে. ব্ল্যাক সফল হয়েছিলেন, কিন্তু অন্যরা তা পারেননি।

বদ্ধ অবস্থায় কিছু পরিমাণ গ্যাসকে তিনি ওজন করেছিলেন, যাকে তিনি "বদ্ধ" বা "স্থির" বাতাস বলে অভিহিত করেন। এই গ্যাসটি গাঁজনবিক্রিয়াকালে বা কয়লার দহনে উদ্ভূত হয়, কিন্তু যেটি শ্বাসকার্যে বা দহনে সাহায্য করে না। এটি বায়ুমণ্ডলের বাতাসের একটি স্বতন্ত্র উপাদান, বলে ব্ল্যাক মনে করেছিলেন।

এইভাবে, 1754 খ্রিস্টাব্দে "বদ্ধ" বাতাস নাম নিয়ে কার্বনডাই অক্সাইড আবিষ্কৃত হয়। পরবর্তীকালে অন্যান্য গ্যাসগুলিকে আবিষ্কারের ক্ষেত্রে এই ঘটনাটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ছিল। তার প্রধান কারণ এই যে, অপরিহার্য যুক্তিতর্ক এবং আলোচনার পর বিজ্ঞানীগণ বুঝতে আরম্ভ করেন যে কার্বন ডাই অক্সাইড বাতাসের একটি রূপ নয়, কিন্তু বাতাসের সঙ্গে পার্থক্যবিশিষ্ট স্বতন্ত্র পদার্থ এবং তা অনেক কঠিন পদার্থ থেকে পাওয়া যায়। যেহেতু অক্সাইডে কার্বনডাই অক্সাইড যোগের ফলে উৎপন্ন পদার্থের ভর প্রাথমিক পদার্থের ভরকে ছাড়িয়ে গিয়েছিল, তাই এটি ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের প্রধান সুরটিকে ধ্বংস করে। এই ঘটনাটির তাৎপর্যটি বুঝতে বহুদিন লেগেছে এবং গ্যাস সংক্রান্ত রসায়নের অনেক পর্যবেক্ষণের ব্যাখ্যার একমাত্র ভিত্তি হিসেবে ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের সমাপ্তি ঘটেছিল।

হাইড্রোজেন

পর্যায় সারণীতে সব চেয়ে বিমুগ্ধকারী মৌলের মধ্যে অন্যতম হলো হাইড্রোজেন। এটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক এক এবং এটি সমস্ত গ্যাসের মধ্যে

সবচেয়ে হাল্কা। রাসায়নিক তত্ত্বের অনেক সমস্যার সমাধানের জন্যে এই মৌলটির আবিষ্কার অপরিহার্য ছিল। এটি এমন একটি মৌল যার পরমাণু একটি যোজনী-ইলেক্ট্রন হারালে কেবলমাত্র প্রোটনে পরিণত হয়। অতএব, হাইড্রোজেনের রসায়নটি এইভাবে অদ্বিতীয়; যা প্রাথমিক মৌল-কণার রসায়ন।

এক সময় দ. ই. মেণ্ডিলেয়েভ, বৈশিষ্ট্যমূলক মৌলগুলির (পর্যায় সারণীর হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলি) মধ্যে হাইড্রোজেনকে সবচেয়ে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মৌল বলেছেন, কারণ এটা থেকে রাসায়নিক মৌলের স্বাভাবিক শ্রেণী আরম্ভ হয়।

এই রকম চিত্তাকর্ষক মৌল সহজেই প্রস্তুত করা যায়। যেমন, দস্তাখণ্ডের ওপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢেলে বিদ্যালয়ের পরীক্ষাগারেও অনায়াসে এটিকে প্রস্তুত করা যায়।

এমনকি সেইসব বিগত অতীতে যখন রসায়ন বিজ্ঞান বলে পরিগণিত হয় নি এবং যখন কিমিয়াবিদরা তখনও পরশ পাথরের অনুসন্ধান চালিয়ে যাচ্ছিলেন, তখন হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডগুলি, এমনকি লোহা এবং দস্তাও জানা ছিল। অন্যভাবে বলতে গেলে, হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় সকল উপাদানই মানুষের জানা ছিল। কেবলমাত্র একটি সুযোগের প্রয়োজন ছিল এবং ষোড়শ থেকে অষ্টাদশ শতাব্দীর রাসায়নিক রচনা থেকে বিবরণ পাওয়া যায় যে, অনেক সময় রসায়নবিদগণ লক্ষ্য করেছিলেন, লোহার ছিল্কার (পাতলা ফালি) ওপর অ্যাসিড (উদাহরণ স্বরূপ সালফিউরিক অ্যাসিড) ঢাললে গ্যাসের বুদ্বুদ বার হয়। সেটি বাতাসের একটি দাহ্য রূপ বলে তাঁরা বিশ্বাস করতেন।

এদের মধ্যে ছিলেন বিখ্যাত রুশ দেশীয় বিজ্ঞানী ম. ভ. লোমোনোসোভ যিনি এই রহস্যপূর্ণ রূপের বাতাসকে লক্ষ্য করেছিলেন। 1745 খ্রিস্টাব্দে "ধাতব ঔজ্জ্বল্যের প্রতি" (On Metallic Lustre) নামে একটি গবেষণা প্রবন্ধ লিখেছিলেন। এতে তিনি লিখেছেন "লোহার ন্যায় বিশেষ ধাতুগুলি আম্লীক কোহলে (acidic alcohols) দ্রবীভূত হওয়ার কালে ফ্লাস্কের মুখ দিয়ে জ্বলনশীল বাষ্প নির্গত হয়..." (সেই সময়কার পরিভাষাতে আম্লীক কোহল মানে অ্যাসিডকে বোঝানো হতে)। এইভাবে, লোমোনোসোভ যা লক্ষ্য করেছিলেন তা হচ্ছে হাইড্রোজেন কিন্তু তাঁর উপরোক্ত ব্যাক্যটির শেষ অংশ ছিল নিম্নরূপ:
"যেটি ফ্লোজিস্টন ছিল"। যেহেতু অ্যাসিডে ধাতু দ্রবীভূত হলে "জ্বলনশীল

পদার্থ বা দাহ্য পদার্থ'' বা ''দাহ্য বাষ্প'' নির্গত হয়, তাই এই ধরে নেওয়া খুবই সুবিধেজনক ছিল যে, ধাতু দ্রবীভূত হলে ফ্লোজিস্টন মুক্ত হয়। ফ্লোজিস্টন তত্ত্বে প্রত্যেক ব্যাপারটি নিখুঁতভাবে খাপ খেয়েছিল।

বিশিষ্ট ইংরেজ বিজ্ঞানী এইচ. ক্যাভেনডিশ (H. Cavendish)-এর সঙ্গে পরিচিত হওয়ার এইটা উপযুক্ত সময়, যিনি নিজেকে বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে একান্তভাবে নিয়োজিত করেছিলেন এবং যিনি ছিলেন অসাধারণ গবেষক। তিনি তাঁর গবেষণালব্ধ ফলকে জনসমক্ষে তুলে ধরতে কখনও তাড়াহুড়ো করতেন না এবং কখনও কখনও তাঁর গবেষণার ফল প্রকাশ করতেন বেশ কয়েক বছর পরে। ''দাহ্য বায়ু'' নির্গত হতে কখন বিজ্ঞানীরা লক্ষ্য করেন এবং কখন তা বিবৃত করেন সেই সময়টিকে সঠিকভাবে বলা, অতএব, খুব মুশকিল। যতদূর জানা আছে তাতে 1766 খ্রিস্টাব্দে এই কাজটি ''কৃত্রিম বাতাস নিয়ে পরীক্ষাসমূহ'' শিরোনামে প্রকাশিত হয় এবং এটি ছিল গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়নের গবেষণার একটি অংশ। খুব সম্ভবত জে. ব্ল্যাকের অনুপ্রেরণায় এই কাজটি সংঘটিত হয়। এইচ. ক্যাভেনডিশ বদ্ধ বাতাস সম্বন্ধে মনোযোগ দেন এবং অন্য ধরনের কৃত্রিম বাতাস আছে কিনা তা দেখতে মনঃস্থ করেন। এইভাবে বিজ্ঞানীরা বিভিন্ন ধরনের বাতাসের কথা উল্লেখ করেন। যেগুলি যৌগে আবদ্ধ অবস্থায় বিদ্যমান এবং যার থেকে কৃত্রিম উপায়ে এগুলি আলাদা করা হয়। ক্যাভেনডিশ জানতেন যে দাহ্য বাতাসকে বহুবার আগে দেখা গেছে। তিনি নিজে ঐ একই কৌশলে এটি প্রস্তুত করেন: যেমন — লোহা, দস্তা ও টিনের ওপর সালফিউরিক এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তা উৎপন্ন হয়। কিন্তু তিনিই প্রথম ব্যক্তি যিনি সঠিকভাবে প্রমাণ করেন যে একই ধরনের বাতাস প্রতি ক্ষেত্রে উৎপন্ন হয়, যাকে দাহ্য বাতাস বলে। এই দাহ্য গ্যাসের অস্বাভাবিক ধর্মগুলি তিনিই প্রথম লক্ষ্য করেন। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের অনুগামী হয়ে ক্যাভেনডিশই কেবলমাত্র পদার্থটির স্বরূপের একটি ব্যাখ্যা দিতে পেরেছিলেন। ম. ভ. লোমোনোসোভের ন্যায় তিনিও এটিকে ফ্লোজিস্টন বলে সনাক্ত করেন। দাহ্য বাতাসের ধর্মের পরীক্ষায় তিনি নিশ্চিত হন যে, তিনি ফ্লোজিস্টনের ধর্মের পরীক্ষা করছেন। ক্যাভেনডিশ বিশ্বাস করতেন যে, বিভিন্ন ধাতুতে বিভিন্ন পরিমাণে দাহ্য বাতাস বর্তমান। এই ভাবে জে. ব্ল্যাকের ''বদ্ধ বাতাসে'' ক্যাভেনডিশ দাহ্য বাতাস যোগ করলেন। সত্যি বলতে এই দুই বিজ্ঞানী নতুন কিছু আবিষ্কার করেননি: তাঁদের

প্রত্যেকে পূর্ববর্তী পর্যবেক্ষণের তথ্যগুলি সংক্ষিপ্ত করেন। কিন্তু মানুষের জ্ঞানের ইতিহাসে এই সংক্ষিপ্তকরণ যথেষ্ট উন্নতি সাধন করে।

বদ্ধ বাতাস এবং দাহ্য বাতাস উভয়েই সাধারণ বাতাস থেকে এবং একে অন্যের থেকে আলাদা ছিল। দাহ্য বাতাস ছিল অবিশ্বাস্য রকমের হাল্কা। ফ্লোজিস্টন, যা ক্যাভেনডিশ পৃথক করেন, তার ভর ছিল। তিনিই প্রথম ব্যক্তি যিনি গ্যাসগুলির বৈশিষ্ট্য নিরূপণের ক্ষেত্রে ঘনত্ব উপস্থাপিত করেন। বাতাসের ঘনত্ব 'এক' ধরে নিয়ে ক্যাভেনডিশ দাহ্য বাতাস এবং বদ্ধ বাতাসের ঘনত্ব বার করেন: যথাক্রমে 0.09 এবং 1.57। এখানেই কিন্তু 'গবেষক ক্যাভেনডিশ' এবং 'ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের অনুগত ক্যাভেনডিশে'র মধ্যে বিরোধ হয়েছিল। যেহেতু দাহ্য বাতাসের ধনাত্মক ভর থাকায় এটিকে কোনভাবেই বিশুদ্ধ ফ্লোজিস্টন বলে মানা যায় না। পক্ষান্তরে ধাতুগুলির দাহ্য বাতাস হারাবার সময় ভরও কিছু হারায়। এই পরস্পর বিরোধী কথা পরিহার করতে ক্যাভেনডিশ এক মৌলিক প্রকল্প উপস্থাপিত করেন: ফ্লোজিস্টন ও জলের মিলনের ফলে দাহ্য বাতাসের সৃষ্টি হয়। এই প্রকল্পের সারকথা ছিল এই যে, দাহ্য বাতাসের গঠনে অবশেষে হাইড্রোজেনের আবির্ভাব।

ক্যাভেনডিশ তাঁর পূর্বসূরীদের ন্যায় দাহ্য বাতাসের প্রকৃতি বুঝতে সক্ষম হননি বলে স্পষ্ট সিদ্ধান্ত করা যায়, যদিও তিনি এটিকে ওজন করেছিলেন, ধর্ম বর্ণনা করেন এবং স্বতন্ত্র ধরনের কৃত্রিম বাতাস বলে এটিকে মনে করেছিলেন। এক কথায়, তাঁর দ্বারা প্রাপ্ত ফ্লোজিস্টন নিয়ে ক্যাভেনডিশ অধ্যয়ন করেছিলেন এটা না জেনে যে, তিনি একটি নতুন রাসায়নিক মৌল নিয়ে গবেষণা করছিলেন। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের শৃঙ্খলটি এতই মজবুত ছিল যে ক্যাভেনডিশ অনুধাবনই করতে পারেননি যে দাহ্য বাতাসটি ছিল একটি গ্যাসীয় রাসায়নিক মৌল। যখন বুঝতে পারলেন যে দাহ্য বাতাসের প্রকৃত ধর্মগুলি এই তত্ত্বের বিরোধিতা করছে তখন তিনি নতুন প্রকল্প নিয়ে উপস্থিত হয়েছিলেন, যেটি তত্ত্বটির ন্যায়ই ভ্রমাত্মক ছিল।

অতএব, "1766 খৃস্টাব্দে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী এইচ. ক্যাভেনডিশ হাইড্রোজেন আবিষ্কার করেছিলেন", সত্যি বলতে, এই বাক্যটি ছিল অর্থহীন। ক্যাভেনডিশ তাঁর পূর্বসূরীদের থেকে অনেক সবিস্তারে দাহ্য বাতাসের প্রস্তুত প্রণালী এবং ধর্মগুলি বর্ণনা করেছিলেন, যদিও তিনি "জানতেন না তিনি কি করেছিলেন"। দাহ্য বাতাসের মৌলিক স্বরূপটি তাঁর উপলব্ধির বাইরে রয়ে গিয়েছিল। এতে বিজ্ঞানীটির কোন দোষ ছিল



এ. ল্যাভয়সিয়ের

না কারণ এই রকম অন্তর্দৃষ্টির জন্যে রসায়ন এ সময় পর্যন্ত তেমন পরিণত ছিল না। হাইড্রোজেন অবশেষে হাইড্রোজেন হতে এবং রসায়নে এটির সঠিক অবস্থানে আসতে বহু বছর অতিক্রান্ত হয়েছিল।

এটির ল্যাটিন নাম হাইড্রোজেনিয়াম (hydrogenium) গ্রীক শব্দ হাইড্র (hydr) অর্থ 'জল', জেনেয়া (gennao) মানে 'সৃষ্টি' থেকে এসেছে। জলের গঠন নির্ধারিত হওয়ার পর, 1779 খ্রিস্টাব্দে এ. ল্যাভয়সিয়ের এই নামটি প্রস্তাব করেন এবং জে. বার্জিলিয়াস (J. Berzelius) এটির সংকেত H প্রস্তাব করেন।

এই অর্থে হাইড্রোজেন অদ্বিতীয় মৌল যে, এটির সমস্থানিকগুলির মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য আছে। এই পার্থক্যের জন্যে এক সময় কিছু বিজ্ঞানী হাইড্রোজেনের সমস্থানিকগুলিকে স্বতন্ত্র মৌল রূপে চিন্তা করতে এবং পর্যায় সারণীতে এগুলির জন্যে বিশেষ ঘরের অন্বেষণে অনুপ্রাণিত হয়েছিলেন। হাইড্রোজেনের সমস্থানিকের আবিষ্কারের ইতিহাসটির বিশেষ আকর্ষণ আছে।

এই শতাব্দীর দ্বিতীয় দশকে হাইড্রোজেনের সমস্থানিকগুলির অন্বেষণ শুরু হয়, কিন্তু সমস্ত চেষ্টা ব্যর্থ হওয়ায় এই বিশ্বাসের সৃষ্টি হয় যে, হাইড্রোজেনের কোন সমস্থানিক নেই। 1931 খ্রিস্টাব্দে বলা হল যে, দুই

পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট হাইড্রোজেনের একটি ভারী সমস্থানিক আছে। এই সমস্থানিকটি যেহেতু হাইড্রোজেনের থেকে দুগুণ ভারী, তাই বিজ্ঞানীরা ভৌত উপায়ে এই ভারী হাইড্রোজেনটিকে আলাদা করতে চেষ্টা করেন। 1932 খ্রিস্টাব্দে আমেরিকান বিজ্ঞানী ইউরে (Urey), ব্রিকওয়েড (Brickwedde), এবং মারফি (Murphy) তরল হাইড্রোজেনকে বাষ্পীভূত করে অবশিষ্ট পদার্থকে বর্ণালির সাহায্যে পরীক্ষায় এটিতে ভারী সমস্থানিকের সন্ধান পেয়েছিলেন। 1941 খ্রিস্টাব্দে বায়ুমণ্ডলে এটি আবিষ্কৃত হয়। ডয়টেরিয়াম শব্দটি গ্রীক শব্দ ডয়টেরস (deuteros) থেকে এসেছে, যার মানে "দ্বিতীয়, অন্য একটি"। তিন ভর সংখ্যা বিশিষ্ট পরবর্তী সমস্থানিক (tritium) (গ্রীক শব্দ tritos মানে তৃতীয়) তেজস্ক্রিয় পদার্থ এবং 1934 খ্রিস্টাব্দে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী এম. অলিফান্ট (M. Oliphant), পি. হার্টেক (P. Hartec) এবং ই. রাদারফোর্ড (E. Rutherford) এটিকে আবিষ্কার করেন। হাইড্রোজেনের প্রধান সমস্থানিকটিকে প্রোটিয়াম নামে নির্দিষ্ট করা হয়। এটি একমাত্র ঘটনা যেখানে একই মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিকগুলির বিভিন্ন নাম এবং বিভিন্ন সংকেত (H, D এবং T) আছে। যে কোন হাইড্রোজেনের 99·99% হলো প্রোটিয়াম, অবশিষ্টাংশে আছে ডয়টেরিয়াম এবং কেবল লেশমাত্র আছে ট্রাইটিয়াম।

নাইট্রোজেন

বদ্ধ বাতাস (কার্বন ডাই অক্সাইড) এবং দাহ্য বাতাস (হাইড্রোজেন) যদিও পরে বায়ুমণ্ডলে পাওয়া গিয়েছিল, কিন্তু বায়ুমণ্ডলের বাতাসের পরীক্ষার ফলে এগুলি আবিষ্কৃত হয় নি। বায়ুমণ্ডলের বাতাসকে "আদর্শ" (classical) বাতাস বলে মনে করা হতো এবং কারো মাথায় আসেনি যে, এটি কতকগুলি গ্যাসের সংমিশ্রণ। বায়ুমণ্ডলের বাতাস নিয়ে পরীক্ষায় সবচেয়ে নির্ভরযোগ্য ফল পাওয়া, গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়নের জন্যেই কেবলমাত্র সম্ভব হয়েছিল।

বায়ুমণ্ডলের গবেষণা নাইট্রোজেন আবিষ্কারের পথটি দেখিয়েছিল। এটির সঙ্গে কোন এক বিশেষ বিজ্ঞানীর নামের এবং কোন এক বিশেষ সময়ের সম্বন্ধ আছে — এটি অবশ্যই ভ্রান্ত ধারণা ছিল। গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়নের মূল ধারা থেকে নাইট্রোজেনের ইতিহাসকে পৃথক করা বরং

একটু কঠিন। কেবল ঘটনাগুলির যুক্তিসম্মত পরিণতিটি (ধারাবাহিকতা) কম বেশী কেউ চিন্তা করতে পারে।

ইতিহাসের প্রথম লগ্নে মানুষ নাইট্রোজেন যৌগের সাক্ষাৎ পেয়েছিল যেমন সোরা এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের এবং নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডের বাদামী বাষ্প বার হতে প্রায়ই লক্ষ্য করেছে। বাস্তবিক, অজৈব যৌগের বিযোজনে নাইট্রোজেন আবিষ্কার অসম্ভব হতে পারে। স্বাদহীন, বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং রাসায়নিক দিক থেকে নিস্ক্রিয় হওয়ার জন্যে নাইট্রোজেন অলক্ষ্যে থেকে যেতে পারে।

অতএব, নাইট্রোজেনের আবিষ্কারের গল্পটা কোথা থেকে আরম্ভ করা যায় সেটা ঠিক করা সহজ নয়। আমাদের পছন্দটা বিষয়ী মনে হতে পারে। 1767 খ্রিস্টাব্দ থেকে আরম্ভ করি, যখন এইচ ক্যাভেনডিশ এবং জে. প্রিস্ট্‌লে (J. Priestley), অপর বিশিষ্ট ইংরেজ পদার্থবিদ, রসায়নবিদ এবং দার্শনিক, বিভিন্ন গ্যাসের ওপর বিদ্যুৎক্ষরণের প্রতিক্রিয়া পরীক্ষা আরম্ভ করেন। সেই সময় সাধারণ বাতাস, বদ্ধ বাতাস এবং দাহ্য বাতাস — এই কয়েকটি গ্যাস মাত্র জানা ছিল। যদিও এইসব পরীক্ষা কোন সঠিক ফল দিতে পারেনি, এটা পরে লক্ষ্য করা গেছে যে, আর্দ্র বাতাসে বিদ্যুৎ ক্ষরণে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের বিশ্লেষণে এটি কার্যকর ছিল বলে পরে প্রমাণিত হয়েছে।

1777 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ক্যাভেনডিশ প্রিস্ট্‌লেকে একটি ব্যক্তিগত চিঠির মাধ্যমে জানিয়েছিলেন যে, তিনি একটি নতুন ধরনের বাতাস প্রস্তুত করতে সক্ষম হয়েছেন, যার নাম তিনি দিয়েছিলেন অ-শ্বসনকারী গ্যাস বা বিষাক্ত গ্যাস। ক্যাভেনডিশ বায়ুমণ্ডলীয় বাতাসকে বার বার লোহিত তপ্ত কয়লার ওপর দিয়ে প্রবাহিত করিয়েছিলেন এবং উৎপন্ন বদ্ধ বাতাসকে ক্ষারের দ্বারা শোষিত করিয়েছিলেন। অবশিষ্ট গ্যাসটি বিষাক্ত ছিল। ক্যাভেনডিশ বিশদভাবে পরীক্ষা করেননি, কেবলমাত্র ঘটনাটিকে প্রিস্ট্‌লেকে জানিয়েছিলেন। অনেক পরে ক্যাভেনডিশ এই বিষাক্ত গ্যাসের পরীক্ষায় ফিরে এসেছিলেন এবং অনেক কাজ করেন, কিন্তু ততদিনে আবিষ্কারের সম্মানটি অন্য বিজ্ঞানীর কাছে চলে গিয়েছে।

প্রিস্ট্‌লে যখন ক্যাভেনডিশের চিঠি পেয়েছিলেন তখন তিনি অন্য গুরুত্বপূর্ণ পরীক্ষায় ব্যস্ত ছিলেন এবং চিঠিটিকে যথাযথ গুরুত্ব দিয়ে পড়েননি। নির্দিষ্ট পরিমাণ বাতাসে প্রিস্ট্‌লে বিভিন্ন দাহ্য যৌগদের দহন এবং বিভিন্ন ধাতুকে ভস্মীকরণ করিয়েছিলেন। এবং এই প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন

বদ্ধ বাতাসকে চুনজল দিয়ে অপসারিত করেন। প্রধান ব্যাপার যা তিনি লক্ষ্য করেছিলেন তা হলো এই যে, বাতাসের আয়তন বিলক্ষণ কমে যায়। পাঠক স্মরণ করিয়ে দেবেন এই যে, ধাতুর ভস্মীকরণে বা যৌগগুলির দহনে যন্ত্রের মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেন আবদ্ধ হয়ে যায় এবং নাইট্রোজেন পড়ে থাকে। যাহোক, অক্সিজেনের মত কোন গ্যাসের অস্তিত্ব সম্বন্ধে, প্রিস্ট্‌লের কোন ধারণাই ছিল না (যদিও দুবছর পর তিনি অক্সিজেন আবিষ্কারকদের অন্যতম ছিলেন) এবং লব্ধ বিষয়টিকে ব্যাখ্যা করতে তিনি ফ্লোজিস্টনে ফিরে এসেছিলেন। প্রিস্ট্‌লে বিশ্বাস করতেন যে, কেবলমাত্র ফ্লোজিস্টনের ক্রিয়ার ফলে ধাতুর ভস্মীকরণ সংঘটিত হয়। অবশিষ্ট বাতাস ফ্লোজিস্টন দ্বারা সম্পৃক্ত এবং ফলে এটির নাম দেওয়া যেতে পারে "ফ্লোজিস্টিকেটেড" বাতাস, যা শ্বাসকার্য বা দহনে সহায়তা করে না।

এইভাবে, প্রিস্ট্‌লের কাছে এমন একটি গ্যাস ছিল পরে যেটি নাইট্রোজেন নামে পরিচিত হয়েছিল। কিন্তু এই অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ফলাফলকে তিনি তেমন প্রাধান্য দেন নি। ফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাসের উপস্থিতি প্রিস্ট্‌লে প্রমাণ করেছিলেন এবং প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াগুলিতে ফ্লোজিস্টন অংশ নিয়ে থাকে — এই গল্পটি আবার দেখলো ভ্রান্ত ফ্লোজিস্টিক তত্ত্ব কেমন করে মৌল গ্যাস আবিষ্কার ব্যাহত করেছিল।

সুতরাং নতুন গ্যাসের প্রকৃত স্বরূপটি বুঝতে, না পেরেছিলেন ক্যাভেনডিশ, না পেরেছিলেন প্রিস্ট্‌লে। রসায়নের পর্যায়ে অক্সিজেন আসার পর এই উপলব্ধিটা হয়েছিল। জে. ব্ল্যাকের ছাত্র এবং ইংরেজ পদার্থবিদ ডি. রাদারফোর্ডকে নাইট্রোজেনের আবিষ্কারকারক বলে মনে করা হয়, তিনি তাঁর বিখ্যাত সহকর্মীদের তুলনায় মূলত নতুন কিছু করেন নি। 1772 সালের সেপ্টেম্বর মাসে রাদারফোর্ড "তথাকথিত বদ্ধ এবং বিষাক্ত বাতাস" (On the So-Called Fixed and Mephitic Air) নামে একটি প্রামাণিক গবেষণাপত্র প্রকাশ করেন, যাতে তিনি নাইট্রোজেনের ধর্ম বর্ণনা করেন। রাদারফোর্ডের অনুসারে, এই গ্যাসটি চুনজল বা ক্ষারে পোষিত হয় না এবং শ্বাসকার্যের জন্য উপযুক্ত নয়। তিনি এটির নাম দিয়েছিলেন "দূষিত" (corrupt) বাতাস।

নাইট্রোজেনকে গ্যাসীয় রাসায়নিক মৌল হিসেবে আবিষ্কার বা বোঝা সঠিকভাবে হয় নি এবং অষ্টাদশ শতাব্দীর সাতের দশকে এটির তিনটি নাম ছিল, যা এই অস্পষ্ট রাসায়নিক ধারণাটিতে আরো বেশী বিভ্রান্তি

সৃষ্টি করেছিল। সে রাসায়নিক ধারণাটি ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের তখনও বিদ্যমান প্রভাবের দ্বারা কলুষিত ছিল। ফ্লোজিস্টিকেটেড, বিষাক্ত বা দূষিত বাতাসের তখনও চূড়ান্ত নাম হয় নি।

1787 সালে এটির নাম প্রস্তাব করেন এ. ল্যাভয়সিয়ের এবং অন্যান্য ফরাসী বিজ্ঞানীরা, যাঁরা রাসায়নিক নামকরণের নতুন নিয়ম প্রবর্তন করেন। তাঁরা অ্যাজোট (azote) শব্দটা গ্রীক শব্দ "a" মানে 'নঞর্থক' এবং "zoe" মানে 'জীবন' থেকে আহরণ করেন। রসায়নবিদরা নাইট্রোজেনের প্রধান ধর্মকে এইভাবে দেখেছিলেন যে, এটি শ্বাসকার্যে বা দহনে সহায়তা করে না — অর্থাৎ "জীবন অচল"। পরে এই ধারণা ভুল বলে পরিগণিত হয়েছিল। কারণ গাছের জীবনধারণের জন্যে নাইট্রোজেন ছিল অপরিহার্য, যদিও অ্যাজোট নামটা থেকে গিয়েছিল। মৌলটির সংকেত "N" হয়েছিল এটির ল্যাটিন নাম নাইট্রোজেনিয়াম (nitrogenium) থেকে, যার মানে "সল্ট্‌পিটার গঠনকারী" (saltpeter-forming)।

এইচ. ক্যাভেনডিশ বিশদভাবে নাইট্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষা করেন। তিনি ছিলেন অন্যতম প্রথম বিজ্ঞানী যিনি বিশ্বাস করতেন যে ফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাস সাধারণ বাতাসের একটি উপাদান। পরীক্ষা চলাকালে একদিন ক্যাভেনডিশ ফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাসের সমসত্ত্বতা সম্বন্ধে প্রশ্ন তুলেছিলেন। এটির সঙ্গে অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্যে বিদ্যুৎ মোক্ষণের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের অক্সাইডকে বিক্রিয়ার স্থান থেকে অপসারণের পর প্রতি ক্ষেত্রে অল্প পরিমাণে ফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাস (নাইট্রোজেন) অপরিবর্তীত রয়ে যায়। সেটি অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এটির আয়তন খুব সামান্য ছিল — কেবলমাত্র একটি ছোট গ্যাস বুদ্বুদের মত, যার আয়তন ছিল পরীক্ষায় নেওয়া মোট নাইট্রোজেনের আয়তনের মাত্র 1/125 অংশ। 1785 সালে দেখা এই ঘটনার ব্যাখ্যা ক্যাভেনডিশ করতে পারেন নি। একশো বছর পর উত্তরটা পাওয়া গিয়েছিল। নিস্ক্রিয় গ্যাস নিয়ে লেখা, নবম অধ্যায়ে আপনারা এটা দেখতে পাবেন।

অক্সিজেন

যে কেউ নিশ্চিত করে বলতে পারে যে, রসায়নের উন্নতিতে অক্সিজেনের মত অন্য কোন রাসায়নিক মৌল এত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকায় অংশ নেয় নি। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে এই জীবনদায়ী গ্যাসটি রসায়নে যে

প্রভূত উন্নতি ঘটিয়েছিল, তা এর আগে কখনও সম্ভব হয়নি। প্রথমে, অক্সিজেন ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বকে উল্টে ফেলে দিয়েছিল, সেটি অনড় বলে মনে হয়েছিল। ভুল থাকা সত্ত্বেও, এই তত্ত্বটির সন্দেহাতীতভাবে কিছু ঐতিহাসিক প্রয়োজন ছিল। কিছু কালের জন্যে এই ফ্লোজিস্টনের তত্ত্বটি প্রচলিত রাসায়নিক ধারণাগুলিকে সুসংগত করতে এবং প্রকৃতি ও পরীক্ষাগারের বিভিন্ন প্রক্রিয়াসমূহকে সাধারণ দৃষ্টিকোণ (যদিও ভ্রান্ত) থেকে বিবেচনা করতে সক্ষম হয়েছিল। এটি গবেষণার বিশিষ্ট অভীষ্ট সাধনে নিয়োজিত করেছিল। ফ্লোজিস্টিকের ধারণা থেকে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন পাওয়া গিয়েছিল। "বিভিন্ন রূপের" বাতাসের পরীক্ষার ফলে নতুন সত্য পুঞ্জিভূত হতে পারছিল, যেগুলিকে ব্যাখ্যা করতে অন্য দৃষ্টিভঙ্গীর প্রয়োজন হয়েছিল। বিশিষ্টভাবে বলতে গেলে, রসায়নের নিজের জন্যে নতুন দৃষ্টিভঙ্গীর প্রয়োজন হয়েছিল এবং অক্সিজেনের জন্যে এটি সম্ভব হয়েছিল। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের বিরোধিতায়, বারংবার অস্পষ্ট ধারণা করা হয়েছিল যে, দাহ্য যৌগের দহন ও ধাতুর ভস্মীকরণে বাতাস থেকে একটি "পদার্থ" টেনে নেয়। 1673 সালে আর. বয়েল সিদ্ধান্ত করেছিলেন যে, সীসা ও অ্যান্টিমনিকে ভস্মীকরণ কালে একটি অতি সূক্ষ্ম "আগ্নেয় পদার্থ" ধাতুর দিকে ধাবিত হয় এবং ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে এটির ওজন বৃদ্ধি করে। আশী বছর পর লোমোনোসোভ লিখেছিলেন, "রবার্ট বয়েলের এই ধারণাটি অসত্য ছিল"। এই রুশ বিজ্ঞানী বলেছিলেন যে, দহান প্রক্রিয়ায় বাতাস অংশগ্রহণ করে এবং ভস্মীকরণকালে বাতাসের কণা যৌগের সঙ্গে যুক্ত হয়ে, এটি ওজন বৃদ্ধি করে।

এই সময় যখন গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়ন উন্নতি লাভ করছিল, তখন ফরাসী রসায়নবিদ পি. বায়েন (P. Bayen) (1774 সালে) গবেষণা নিবন্ধ লেখেন, যাতে তিনি ভস্মীকরণকালে ধাতুর ভর বৃদ্ধির কারণ আলোচনা করেন। তিনি বিশ্বাস করতেন যে, সম্প্রসারণযোগ্য এবং সাধারণ বাতাসের থেকে ভারী এক অদ্ভুত ধরনের বাতাস ভস্মীকরণকালে ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়। পারাঘটিত যৌগের তাপবিযোজনের ফলে বায়েন এই পদার্থটি (গ্যাসীয়) পেয়েছিলেন এবং বিপরীতভাবে, ধাতব পারার ওপর এই গ্যাসীয় পদার্থটি বিক্রিয়ায় পারাকে লাল যৌগে পরিণত করে।

দুর্ভাগ্যবশত, বায়েন কেবলমাত্র এই তথ্যটিই প্রতিষ্ঠিত করেন এবং এটিকে নিয়ে আর অগ্রসর হননি। যাহোক, পরে আপনারা দেখবেন যে, আসলে বিজ্ঞানীটি অক্সিজেন নিয়ে কাজ করেছিলেন। 1774 সালটা এবং

বায়েন কর্তৃক পাওয়া লাল মারকারী অক্সাইড — এই দুটি মনে রাখুন। ঐ একই বছর জে. প্রিস্ট্‌লে এক যৌগ নিয়ে পরীক্ষা আরম্ভ করেন। এর কিছুকাল পূর্বে তিনি আবিষ্কার করেছিলেন যে, সবুজ গাছের উপস্থিতিতে বদ্ধ বাতাস (যা শ্বাসকার্যে সাহায়তা করে না) সাধারণ বাতাসে পরিবর্তিত হয়, যেটি জীবের শ্বাসকার্যে সহায়তা করে। এই ঘটনাটি কেবল মাত্র রসায়নের পক্ষেই অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ছিল না, জীববিজ্ঞানের ক্ষেত্রেও ছিল। প্রিস্টলেই সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে গাছ অক্সিজেন পরিত্যাগ করে।

অষ্টাদশ শতাব্দীর সাতের দশকের আগে তথাকথিত "সোরার গ্যাস" (saltpeter gas) জানা ছিল। লোহার চোকলার সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই গ্যাসটি (আধুনিক পরিভাষায় এটি নাইট্রোজেন অক্সাইড) উদ্ভূত হয়। লোহাচূর্ণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোরার গ্যাস এমন একটি বাতাসে রূপান্তরিত হয়, যেটি দহনে সহায়তা করে, কিন্তু শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না। এইভাবে জে. প্রিস্টলে অন্য একটি গ্যাস নাইট্রোজেন অক্সাইড N_2O আবিষ্কার করেন এবং ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের যুক্তি অনুসারে এটির নামকরণ করেন ডিফ্লোজিস্টিকেটেড সোরার গ্যাস (dephlogisticated saltpeter gas)।

1774 সালের পয়লা আগষ্ট দিনটি রসায়নের ইতিহাসের ক্ষেত্রে একটি বিশেষ দিন হয়ে আছে, যদিও জে. প্রিস্টলের জন্য দিনটি ছিল গতাণুগতিক, অত্যন্ত পরিশ্রমের দিন। তনি আবদ্ধ পাত্রে লাল মারকারী অক্সাইড নিয়ে তার ওপর, বড় লেন্সের সাহায্যে সূর্যকিরণকে ঘনীভূত করে, ফেলেছিলেন। এর ফলে যৌগটি ভেঙ্গে গিয়ে উজ্জ্বল ধাতব পারা এবং একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়েছিল (বেশ কয়েক বছর পরে এই গ্যাসটির নামকরণ করা হয়েছিল "অক্সিজেন" এবং এটি তৃতীয় মৌল হিসেবে পরিগণিত হয়েছিল)। নাইট্রোজেনের ন্যায় অক্সিজেনকে প্রথম বায়ুমণ্ডল থেকে পাওয়া যায় নি। এই নতুন রূপের বাতাসটিকে কঠিন পদার্থ থেকে প্রস্তুত করা হয়েছিল। প্রিস্ট্‌লে কর্তৃক আবিষ্কৃত গ্যাসটি শ্বাসকার্যের সহায়ক ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছিল। সাধারণ বাতাস থেকে এই গ্যাসে কোন বাতি আরও উজ্জ্বল-ভাবে জ্বলে। এই নতুন গ্যাসটি বাতাসের সঙ্গে মিশলে নতুন কিছু বোঝা যায় না, কিন্তু সোরার সঙ্গে মিশলে বাদামী রঙের বাষ্পের সৃষ্টি হয় (NO হতে উদ্ভূত NO_2 বলে বর্তমানে জানা আছে)। এত স্পষ্ট না হলেও এই একই ছবি লক্ষ্য করা যায় যখন সোরা বাতাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। প্রিস্ট্‌লে

কেবল এই কথাই বলতে বাধ্য হয়েছিলেন, "এই নতুন গ্যাসটি বাতাসের একটি উপাদান''। কিন্তু তিনি তখনও এটি বলতে প্রস্তুত ছিলেন না এবং এই নতুন ধরনের বাতাসের নামকরণ করেন ডিফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাস। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের অনুগামী হয়ে এ রকম বলাই সম্পূর্ণ স্বাভাবিক ছিল।

অক্সিজেন আবিষ্কারের পর প্রিস্ট্‌লে প্যারিসে গিয়ে ল্যাভয়সিয়ের এবং অন্যান্য ফরাসী বিজ্ঞানীদের কাছে তাঁর পরীক্ষার কথা বলেছিলেন, যেটি ছিল অক্সিজেনের ইতিহাসের গুরুত্বপূর্ণ বিশদ বিবরণ। ল্যাভয়সিয়ের তাঁর ইংরেজ বন্ধুর পরীক্ষার গুরুত্ব তৎক্ষণাৎ যথাযথভাবে উপলব্ধি করেন। প্রিস্টলের তুলনায় তাঁর এ বিষয়ে অনেক স্বচ্ছ ধারণা ছিল। ডিফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাসের কথা বলতেই প্রিস্টলে নিয়োজিত ছিলেন, কারণ তিনি ভ্রান্ত ধারণার কবজার মধ্যে ছিলেন (ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের প্রাণশক্তির আর একটি প্রমাণ)। তাঁর নিজের আবিষ্কারের গুরুত্ব অনুধাবণ করতে অপারগ হয়ে, প্রিস্ট্‌লে মনে করেছিলেন যে ডিফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাস হলো একটি জটিল পদার্থ। মাত্র 1786 সালে ল্যাভয়সিয়েরের ধারণা দ্বারা অনুপ্রাণিত হয়ে তিনি এটিকে মৌল গ্যাস হিসেবে দেখতে আরম্ভ করেছিলেন।

এইভাবে, আমরা অক্সিজেন আবিষ্কারের জন্যে পি. বায়েন এবং জে. প্রিস্টলের কাছে ঋণী। এর সঙ্গে তৃতীয় জনের নামও সংযোজিত করা উচিত — তিনি হলেন সুইডেনের বিখ্যাত রসায়নবিদ সি. শীলে (C. Scheele)। 1775 সালে লেখা এবং শীলে কর্তৃক প্রকাশিত "বাতাস এবং আগুনের সম্বন্ধে রাসায়নিক প্রবন্ধ'' (Chemical Treatise About Air and fire) নামে বইটি বৈজ্ঞানিক মহলে ব্যাপকভাবে জানা ছিল। এই বইটি কিন্তু লেখা হয় 1775 খ্রিস্টাব্দে এবং এর দু'বছর পর প্রকাশিত হয়, যার জন্যে প্রকাশকের ওপর দোষারোপ করা যায়। এই হতাশাব্যঞ্জক ঘটনাটি শীলেকে অক্সিজেনের প্রকৃত আবিষ্কারক হিসেবে নাম করতে বাদ সেধেছিল, যদিও তিনি 1772 সালে এটির বর্ণনা করেছিলেন এবং তাঁর বর্ণনাটি বায়েন বা প্রিস্ট্‌লের থেকে অনেক বেশী বিশদ এবং সঠিক ছিল। অজৈব যৌগের বিযোজনের দ্বারা অনেক ভাবে শীলে অক্সিজেন ["অগ্নিগর্ভ বাতাস" (fiery air)] পেয়েছিলেন। সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে সোরাকে পাতনে প্রাপ্ত বাদামী রঙের বাষ্পকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে তা বর্ণহীন হয়ে যায়। শীলে এই বাষ্পকে সংগ্রহ করেন এবং নতুন গ্যাসের নাম দেন,

"অগ্নিগর্ভ বাতাস"। প্রিস্ট্‌লের পরীক্ষার ন্যায় এই গ্যাসেও বাতি সাধারণ বাতাসের থেকে উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। শীলে মনে করতেন যে সাধারণ বাতাসের একটি উপাদান হলো এই অগ্নিগর্ভ বাতাস। রাদারফোর্ডের বিষাক্ত বাতাস বা দূষিত বাতাসের সঙ্গে মিশিয়ে শীলে যে মিশ্র গ্যাস পেয়েছিলেন তার সঙ্গে সাধারণ বাতাসের কোন পার্থক্য ছিল না। কার্যত, বিজ্ঞানীরা বুঝতে পেরেছিলেন যে, বায়ুমণ্ডলের বাতাসটি গ্যাসের মিশ্রণ এবং পরে জানা গিয়েছিল, তা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। আমাদের উচ্চতর জ্ঞানের সাহায্যে কেবল এটি বুঝতে পারা সহজ। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বে নিষ্ঠাবান হওয়ায় শীলে প্রতারিত হয়েছিলেন। বাতাসের সঙ্গে দাহ্য বাতাসকে কোন পাত্রে দহনের ফলে দাহ্য বাতাস ও অগ্নগর্ভ বাতাসের বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় বলে তিনি সিদ্ধান্ত করেন। শীলে যুক্তি দেখিয়েছিলেন যে, ফ্লোজিস্টনের সঙ্গে অগ্নিগর্ভ বাতাসের মিলনের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় (শীলের মত অনুসারে যার পদার্থধর্মিতা আছে)। এবং সেটির বিযোজনের ফলে অগ্নিগর্ভ বাতাস পাওয়া যায়।

প্রিস্ট্‌লের পরীক্ষার কথা কিছু না জেনেই শীলে অগ্নিগর্ভ বাতাস আবিষ্কার করেন এবং 1774 সালে 30 সেপ্টেম্বর এটি ল্যাভয়সিয়েরকে জানান। শীলের লব্ধ ফল প্রকাশে খুব দেরী হওয়াটা খুবই দুঃখজনক ব্যাপার। যদি এটি আগে প্রকাশিত হতো, তবে মৌল গ্যাসের স্বরূপ উদ্‌ঘাটনের জটিল ও পরস্পর বিরোধী প্রক্রিয়াগুলি অনেক ত্বরান্বিত এবং সহজ হতো।

সর্বকালের অন্যতম শ্রেষ্ঠ রসায়নবিদ ল্যাভয়সিয়েরের জন্যে এগুলির প্রকৃত স্বরূপ বোঝা সম্ভব হয়েছিল। ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের কর্তৃত্ব কালে, যে বিশাল পরীক্ষা লব্ধ ফল জমা হয়েছিল তা রসায়নকে বৈপ্লবিক পরিবর্তনের দিকে নিয়ে গিয়েছিল। এর জন্যে মূল সম্মান পেয়েছিলেন ল্যাভয়সিয়ের, যাঁর জন্যে অক্সিজেনকে সঠিক ভাবে বোঝা গিয়েছিল। এফ. এ্যাঙ্গেল্‌স (F. Engels) লিখেছিলেন, "প্রিস্ট্‌লে কর্তৃক প্রাপ্ত অক্সিজেনকে ল্যাভয়সিয়ের আবিষ্কার করতে সক্ষম ছিলেন, যিনি ছিলেন কল্পনাপ্রসূত ফ্লোজিস্টনের সত্যিকারের বিরোধী এবং যিনি সম্পূর্ণ ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বকে মঞ্চ থেকে ছুড়ে ফেলে দিতে পারতেন। কিন্তু এটি ফ্লোজিস্টিকের পরীক্ষা লব্ধ ফলকে ধ্বংস করতে মোটেও কিছু করেনি। বরং, তারা বিদ্যমান ছিল, কেবল তাদের সূত্রগুলি উল্টো হয়ে গিয়েছিল এবং ফ্লোজিস্টিক থেকে

আধুনিক বৈধ রাসায়নিক ভাষায় রূপান্তরিত হয়েছিল এবং এইভাবে তারা তাদের অস্তিত্ব বজায় রেখেছিল।''*

ল্যাভয়সিয়েরের অক্সিজেন আবিষ্কারের পদ্ধতিটা তাঁর সমসাময়িকের থেকে অনেক সহজতর ছিল। প্রথমে ফ্লোজিস্টিক তত্ত্ব এই ফরাসী রসায়নবিদের অন্তর স্পর্শ করেছিল। কিন্তু যত বেশী পরীক্ষার ফল তিনি পেতে লাগলেন তত বেশী তিনি এটি বাতিল করতে লাগলেন। 1772 সালের পয়লা নভেম্বরের মধ্যে তিনি বহু যৌগের বাতাসে দহনের পরীক্ষার বিবরণ শেষ করেছিলেন। তিনি সিদ্ধান্ত করেন যে দহনে এবং ভস্মীকরণে ধাতু সমেত সমস্ত পদার্থের ভর বৃদ্ধি পায়।

এই পদ্ধতিগুলিতে, যেহেতু প্রচুর পরিমাণে বাতাস প্রয়োজন হয় তাই ল্যাভয়সিয়ের অন্য একটি সিদ্ধান্ত করেন:বিভিন্ন ধর্ম সম্বলিত একাধিক গ্যাসের মিশ্রণ হলো বাতাস। এটির একটি অংশ দহনে সহায়তা করে এবং জ্বলন্ত বস্তুর সঙ্গে যুক্ত হয়। ল্যাভয়সিয়ের প্রথমে মনে করেছিলেন যে, এই ধরনের বাতাস জে ব্লাকের বদ্ধ বাতাসের সঙ্গে সদৃশ। কিন্তু শীঘ্রই তিনি তাঁর ভুল ধরে ফেলেন। 1774 সালের ফেব্রুয়ারী মাসে এই ফরাসী বিজ্ঞানী আবিষ্কার করেন যে দহনকালে বস্তুর সঙ্গে যে বাতাস বিক্রিয়া করে সেটি শ্বাসকার্যের জন্যে সবচেয়ে উপযুক্ত। এই ভাবে ল্যাভয়সিয়ের অক্সিজেনের মুখোমুখি হয়েছিলেন এবং কিছু অতিরিক্ত পরীক্ষা চালিয়ে যাবার জন্যে তিনি এই নতুন মৌল আবিষ্কারের কথা প্রকাশ থেকে বিরত ছিলেন।

1774 সালের অক্টোবরে প্রিস্ট্‌লে ল্যাভয়সিয়েরকে তাঁর আবিষ্কারের কথা জানান, এতে এই ফরাসী রসায়নবিদের তাঁর নিজের সিদ্ধান্তের প্রকৃত গুরুত্বটি উদঘাটিত হয়। তিনি তৎক্ষণাৎ লাল মারকারী অক্সাইড নিয়ে পরীক্ষা আরম্ভ করেন। অক্সিজেন "উৎপাদনে'' লাল মারকারী অক্সাইড ছিল সবচেয়ে উপযোগী। "ধাতুর ভস্মীকরণে যুক্ত বস্তুর স্বরূপ এবং এতে ধাতুর ওজন বৃদ্ধির বিবরণ'' (Memoir on the Nature of the Substance which Combines with Metals upon Calcination and Increases Their Weight) নামে একটি বিবরণ ল্যাভয়সিয়ের 1775 সালের এপ্রিলে অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সস (Academy of Sciences)-এ পেশ করেন — সেটি অক্সিজেন আবিষ্কারের ঘোষণা ছিল। ল্যাভয়সিয়ের

---

* Friedrich Engels, "Old preface to Anti Dühring. On dialectics", Progress Publishers, Moscow. p. 49.

লিখেছিলেন যে, এই ধরনের বাতাস প্রায় একই সঙ্গে প্রিস্ট্লে, শীলে এবং তিনি নিজে আবিষ্কার করেছেন। প্রথমে তিনি বলেছিলেন যে, এটি ছিল "খুব সহজে শ্বাসগ্রহণের বাতাস", কিন্তু পরে নামটা পরিবর্তন করে বলেন "প্রাণদায়ী বা প্রাণবন্ত" বাতাস।

এই ঘটনা একাই প্রমাণ করে যে, অক্সিজেনের স্বরূপ বুঝতে ল্যাভয়সিয়ের তাঁর সমসাময়িকদের কত পেছনে ফেলে দিয়েছেন। প্রাণবন্ত বাতাস পুঙ্খানুপুঙ্খ বিবেচনার বিষয় হয়েছিল। এর কিছুকাল পরে এই বিজ্ঞানী সিদ্ধান্তে এসেছিলেন যে, অ্যাসিড উৎপাদনের কারণ হলো এই "সহজে শ্বাসগ্রহণের বাতাস" এবং তা সমস্ত অ্যাসিডের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এই ধারণা ভুল বলে পরে দেখানো হয়েছিল (যখন হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিডের ন্যায় অক্সিজেন মুক্ত অ্যাসিডের বর্ণনা করা হয়েছিল)। কিন্তু 1779 সালে ল্যাভয়সিয়ের মনে করেছিলেন যে এই নতুন গ্যাসের ধর্মের ওপর এই গ্যাসের "অক্সিজেন" নামটি আলোকপাত করতে পারবে কারণ "অক্সিজেন" শব্দটি গ্রীক শব্দ থেকে এসেছে যার মানে "অ্যাসিড প্রস্তুতকারক"।

জলের গঠন নির্ণয়ে, অক্সিজেন তত্ত্ব একটি বড় পদক্ষেপ। 1781 সালে এইচ. ক্যাভেনডিশ লক্ষ্য করেন যে ডিফ্লোজিস্টিকেটেড বাতাসের সঙ্গে দাহ্য বাতাসের দহনে প্রায় সম্পূর্ণটি জলে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু 1784 সালে তিনি তাঁর ফলাফল প্রকাশ করেন। ল্যাভয়সিয়ের এই পরীক্ষার কথা জানতেন এবং পরীক্ষাগুলি পুনরায় করার পর তিনি সিদ্ধান্ত করলেন যে, জল সরল বস্তু নয়, দাহ্য ও প্রাণবন্ত বাতাসের মিশ্রণ। এই সিদ্ধান্তটি 1783 সালে করেছিলেন, ফলে জলের গঠন নির্ণয়কারী হিসেবে প্রথম ব্যক্তি ছিলেন ল্যাভয়সিয়ের বলে অনেকে মনে করেন। প্রকৃতপক্ষে ক্যাভেনডিশই প্রথম ব্যক্তি ছিলেন। জলের গঠন নির্ণয়ের দ্বারা হাইড্রোজেনের স্বরূপে অন্তর্দৃষ্টি দেওয়া সম্ভব হয়েছিল।

কিসের জন্যে অক্সিজেনের আবিষ্কারের ইতিহাসটি এত কৌতূহলের ছিল তার কারণ — এটি একক পদ্ধতি ছিল না। অক্সিজেনের স্থূল পর্যবেক্ষণ থেকে আরম্ভ করে গ্যাসীয় রাসায়নিক মৌল রূপে এটির প্রকৃত স্বরূপটি বুঝতে একের পর এক অনেকগুলি বাধা অতিক্রম করতে হয়েছিল। এটা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, অক্সিজেনের (এবং অন্যান্য মৌল গ্যাসের) আবিষ্কার একজন ব্যক্তির কাজ ছিল না। এ্যাঙ্গেলস লিখেছেন: "কিসের মধ্যে হাত দিয়েছেন না জেনেই প্রিস্ট্লে এবং শীলে অক্সিজেন প্রস্তুত

করেছিলেন...। অন্য দু'জনের সঙ্গে একই সময়ে এবং স্বতন্ত্রভাবে যদিও ল্যাভয়সিয়ের অক্সিজেন প্রস্তুত করেননি, যা তিনি পরে দাবী করেছিলেন, তা সত্ত্বেও তিনিই ছিলেন বরং অক্সিজেনের প্রকৃত আবিষ্কারক, অন্যদিকে অপর দুজন কেবল এটি প্রস্তুত করেছিলেন কিছু না জেনে যে, তাঁরা কি প্রস্তুত করেছেন।''*

* Friedrich Engels, Preface to the second edition of Capital, vol. 2, Progress Publishers, Moskow, p. 15.

অধ্যায় 4

রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা আবিষ্কৃত মৌলসমূহ

প্রাকৃতিক বস্তুর, বিশেষত, নানাবিধ খনিজের রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা আবিষ্কৃত মৌলগুলির বিবরণ এই অধ্যায়ে দেওয়া হয়েছে। রসায়নের উন্নতিতে, অজৈব প্রকৃতি নির্ধারণের ক্ষেত্রে এটির ভূমিকা উত্তরোত্তর গুরুত্ব পেয়েছিল। এই অধ্যায়টি কোবাল্টের আবিষ্কার দিয়ে আরম্ভ এবং ভ্যানাডিয়ামের আবিষ্কার দিয়ে শেষ। এই সময়কালটি প্রায় একশো বছর বিস্তৃত (1735 থেকে 1830 পর্যন্ত)। রাসায়নিক বিশ্লেষণের উন্নতির দরুণ এই সময়ে ত্রিশটারও বেশী মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল। অবশ্য, অন্যান্য অনেক মৌলের আবিষ্কারের ক্ষেত্রে বিশ্লেষণ একটি উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল— যেমন, বিরল মৃত্তিকা শ্রেণীর মৌলগুলি, এগুলির বিশেষ ইতিহাসের কথা অন্য অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে।

কোবাল্ট

কোবাল্টের আবিষ্কারের ইতিহাসটি এটির নামের ইতিহাস থেকে সহজেই আরম্ভ করা যেতে পারে। কোবাল্টের খনিজ থেকে এটির নামটা হয়েছে। মধ্যযুগে স্যাক্সনির (Saxony) খনি-মজদুররা এটির খনিজকে কোবল্ড (cobold) বলতো, যার মানে শয়তানের আত্মা। এই খনিজে শয়তান বাসা করেছে বলে মজদুরদের বিশ্বাস ছিল। এই খনিজটি রুপোর খনিজের সঙ্গে প্রায় সদৃশ ছিল, কিন্তু এটি থেকে রুপো নিষ্কাশনের সমস্ত প্রচেষ্টাই ব্যর্থ হয়েছিল।

5000 বছর পূর্বে প্রাচীন গ্রীসে নীল কোবাল্ট কাঁচ, এনামেল এবং রঞ্জক পদার্থ জানা ছিল। ফারাও টুটেনখামেনের সমাধিতে প্রত্নতত্ত্ববিদরা নীল কাঁচের টুকরো পেয়েছেন। কোবাল্ট যৌগ থেকে নীলকাঁচ ও রঞ্জক পদার্থ প্রস্তুতিটা হঠাৎ হয়েছিল, না এটি জ্ঞাত প্রচেষ্টার ফল, তা জানা নেই।

এগ্‌লির প্রস্তুত পদ্ধতি যেভাবেই হোক, তা বহ্‌কাল যাবৎ অজ্ঞাত ছিল। 1679 সালে এটির প্রথম উল্লেখ পাওয়া যায়।

1735 সালে স্‌ইডিশ রসায়নবিদ জি. ব্রান্ডট (G.Brandt) কোবাল্ট আবিষ্কার করেন। "অসম্প্‌র্ণ ধাতু বিষয়ক নিবন্ধ" (Dissertation on Semi-metals) তে তাঁর দ্বারা আবিষ্কৃত একটি নতুন অসম্প্‌র্ণ ধাতুর বিষয়ে তিনি লিখেছিলেন। অসম্প্‌র্ণ ধাতু বলতে তিনি বোঝাতে চেয়েছিলেন যার যৌগগ্‌লির ধর্ম জ্ঞাত ধাতুর যৌগগ্‌লির সঙ্গে সদ্‌শ, কিন্তু যে ধাতুগ্‌লিকে পিটিয়ে পাতে পরিণত করা যায় না। পারা, বিস্‌মাথ, দস্তা, অ্যান্টিমনি, কোবাল্ট এবং আর্সেনিক — এই ছটিকে অসম্প্‌র্ণ ধাতু বলে বর্ণনা করেন। বেশীভাগ বিস্‌মাথের আকরিকে কোবাল্ট যেহেতু পাওয়া যায়, জি. ব্রান্ড্‌ট তাই কোবাল্ট থেকে বিস্‌মাথকে প্‌থক করতে একাধিক পদ্ধতির প্রস্তাব করেছিলেন।

1744 সালে জি. ব্রান্ডট কোবাল্ট, লোহা ও গন্ধক বিশিষ্ট একটি নতুন খনিজের সন্ধান পান। এটি কোবাল্ট সালফাইড Co_3S_4 বলে প্রমাণিত হয়েছিল।

পরে জি. ব্রান্ড্‌ট কোবাল্টের সম্বন্ধে বিস্তারিত ভাবে গবেষণা করেন। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষের দিকে টি. বার্জ্‌মান (T. Bergman), এল. থেনার্ড (L. Thenard), এল. প্রাউস্ট (L. Proust) এবং জে. বার্জিলিয়াস (J. Berzelius) কোবাল্ট ও এটির যৌগগ্‌লির গবেষণা করেন। এর ফলে কোবাল্ট বহ্‌ গবেষিত মৌল বলে পরিচিত হয়েছিল। এটা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, বহ্‌দিন যাবৎ অনেক রসায়নবিদরা কোবাল্ট আবিষ্কারের ব্যাপারটা বিশ্বাস করতেন না। 1776 সালে হাঙ্গেরীর রসায়নবিদ পি. পাডেক্সে (P. Padaxe) বলেছেন, কোবাল্ট হলো লোহা আর আর্সেনিকের যৌগ। সেই সময়ের আগে আবিষ্কৃত নিকেলকে কিন্তু তিনি রাসায়নিক মৌল বলে মেনে নিয়েছিলেন। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ দিকে অনেক বিজ্ঞানীর সমবেত প্রচেষ্টার ফলে জি. ব্রান্ড্‌টের আবিষ্কারটি দ্‌ঢ়ভাবে প্রতিপন্ন হয়।

নিকেলের সঙ্গে কোবাল্ট প্রায়ই উল্কায় (কখনও কখনও প্রচুর পরিমাণে) পাওয়া যায়। 1819 সালে জার্মান রসায়নবিদ এফ. স্ট্রোমেয়ার (F. Stromeyer) উল্কা থেকে কোবাল্ট আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করেন এবং এর কিছ্‌কাল পরে এস. টেন্নান্ট ঐ একই উল্কা থেকে নিকেল আবিষ্কার করেন।

নিকেল

কোবাল্টের সঙ্গে নিকেলের অনেক সাদৃশ্য আছে এবং এদুটি পর্যায় সারণীতে পরস্পরের প্রতিবেশী। সর্বপ্রথম নিকেলও "শয়তান" থেকে উদ্ভূত। এটির নামটি জার্মান শব্দ "কুপ্‌ফের নিকেল" (Kupfernickel) থেকে এসেছে, যার মানে "শয়তানের তামা"। 1694 খ্রিস্টাব্দে সুইডিশ খনিজবিদ ইউ. হিয়েনে (U. Hierne)-এর বর্ণনায় এটিকে পাওয়া যায়; যাতে তিনি এটিকে তামার আকরিক বলে ভুল করেছিলেন। শত চেষ্টার পরও এটির থেকে তামা নিষ্কাশন ব্যর্থ হলে, ধাতুবিদরা মনে করেছিল যে, এটি পাহাড়ের দুরাত্মা — "নিক" (Nick)-এর কাজ নিশ্চয়।

বহু পূর্ব থেকে মানুষ নিকেলকে জানতো। খ্রিস্টপূর্ব তৃতীয় শতকে চীনের জনগণ তামা, নিকেল, দস্তার সংকরধাতু প্রস্তুত করেছিলেন। এই সংকর ধাতু দিয়ে মধ্য এশিয়ার দেশ ব্যাক্‌ট্রিয়া (Bactria)'র মুদ্রা প্রস্তুত হতো। এমন একটি মুদ্রা লন্ডনের ব্রিটিশ যাদুঘরে আছে।

কুপ্‌ফের নিকেল খনিজটি বর্ণিত হবার পরও এটির গঠন সম্বন্ধে বিভ্রান্তি থেকে গিয়েছিল। 1726 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ আই. লিংক (I. Link) খনিজটি নিয়ে গবেষণা করেন এবং প্রতিপন্ন করেন যে এটি নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে সবুজ রঙ সৃষ্টি করে। তিনি সিদ্ধান্ত করেন যে, এটি হলো তামা মিশ্রিত কোবাল্টের খনিজ। সুইডিশ খনি-কর্মীরা যখন দেখেছিলেন যে এই লালচে খনিজটি কাঁচে যোগ করলে নীল রং সৃষ্টি করে না, তারা তখন নাম দিয়েছিল "কোবাল্ড, সেটি সত্ত্বা হারিয়ে ফেলেছিল।" এটিও একটি নিকেলের খনিজ ছিল।

1751 খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত পরিস্থিতিটা ছিল এইরকম। সেই বছর সুইডিশ খনিজ ও রসায়নবিদ এ. ক্রোন্‌স্টেড্‌ট কোবাল্ট খনিতে প্রাপ্ত খনিজটিতে আগ্রহান্বিত হন। তাঁর এক পরীক্ষায় তিনি আকরিকটির অ্যাসিড দ্রবণে একটি ছোট লোহার খন্ড ডুবিয়ে রেখেছিলেন। ঐ দ্রবণটিতে যদি তামা উপস্থিত থাকতো, তবে লোহার ওপর মুক্ত তামা সঞ্চিত হতো। কিন্তু এ ধরনের কোন ঘটনা না ঘটায় তিনি অতিশয় বিস্মিত হয়েছিলেন। দ্রবণটিতে তামা ছিল না, এই আকরিক সম্বন্ধে তখনকার প্রচলিত বিশ্বাসের এটি পরিপন্থী ছিল। আকরিক থেকে প্রাপ্ত সবুজ কেলাস নিয়ে ক্রোন্‌স্টেড্‌ট ব্যাপক গবেষণা আরম্ভ করলেন। একাধিক পরীক্ষার পর তিনি কুপ্‌ফের

নিকেল থেকে একটি ধাতুকে আলাদা করেছিলেন, যেটির সঙ্গে তামার, কোন দিক থেকেই মিল ছিল না। তিনি বর্ণনা করেছিলেন যে ধাতুটি কঠিন ও ভঙ্গুর, চুম্বক দ্বারা মৃদু আকর্ষিত হয়, উত্তপ্ত করলে কালো গুঁড়ো পদার্থে পরিণত হয়, দ্রবীভূত করলে সুন্দর সবুজ রঙের সৃষ্টি হয়। ক্রোনস্টেডট এই বলে শেষ করেছিলেন যে, কুপফের নিকেলে যেহেতু ধাতুটি উপস্থিত, অতএব এই নামটা ছোট করে নিকেল হিসেবে ধাতুটির জন্যে রাখা যেতে পারে। বর্তমানে এটা জানা যায় যে, কুপফের নিকেল হলো নিকেল আর্সেনাইড।

এই নতুন মৌলের আবিষ্কারকে ইউরোপের অনেক রসায়নবিদ স্বীকৃতি দিয়েছিলেন। কিন্তু কোন কোন বিজ্ঞানী নিকেলকে কোবাল্ট, লোহা, আর্সেনিক ও তামার মিশ্রণ বলে মনে করতেন। অবশেষে 1775 খিস্টাব্দে টি. বার্জমান সমস্ত সন্দেহের নিরসন করেন এবং দেখান, যে কোন পরিমাণে উপস্থিত এই সকল মৌলের মিশ্রণটিতে নিকেলের ধর্ম প্রকাশ পায় না।

ম্যাঙ্গানিজ

ম্যাঙ্গানিজের যৌগ এবং বিশেষ করে এটির অক্সাইড — পাইরোলুসাইট (MnO_2) বহু প্রাচীন কাল থেকে জানা আছে এবং কাঁচ ও পটারি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হতো। 1540 খিস্টাব্দে, ইটালীয়ান ধাতুবিদ ভি. বিরিনগুসিয়ো (V. Biringuccio) লিখেছিলেন যে, পাইরোলুসাইট বাদামি রঙের হয়, গলে না এবং কাঁচ ও সিরামিকে যোগ করলে বেগুনি বর্ণের সৃষ্টি হয়। পাইরোলুসাইটের অপর বৈশিষ্ট্য যা লক্ষ্য করা গিয়েছিল, তা হলো এটি স্বচ্ছ, হলুদ এবং সবুজ কাঁচ প্রস্তুত করতে সক্ষম।

অস্ট্রিয়ান বিজ্ঞানী আই. কেইম (I. Kaim) সম্ভবত প্রথম ব্যক্তি, যিনি 1770 খিস্টাব্দে অল্প পরিমাণ ধাতব ম্যাঙ্গানিজ প্রস্তুত করেছিলেন। একভাগ পাইরোলুসাইট এবং দু'ভাগ কালো বিগালক (কয়লা এবং K_2CO_3-এর মিশ্রণ) মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে, তিনি নীলচে সাদা, ভঙ্গুর কেলাস পেয়েছিলেন। আপাতদৃষ্টিতে, এটি অবিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ছিল, কিন্তু বিজ্ঞানীটি সিদ্ধান্ত করেছিলেন যে, ধাতুটি লোহামুক্ত ছিল এবং তাঁর গবেষণাটি তিনি শেষ করেননি।

ম্যাঙ্গানিজের পরবর্তী গল্পে টি. বার্জমান যুক্ত ছিলেন, যিনি ইতোমধ্যে নিকেল আবিষ্কার করে ফেলেছেন। তিনি পাইরোলুসাইটের বৈশিষ্ট্য

নিম্নলিখিত ভাবে বর্ণনা করেন: "কালো ম্যাগনেসিয়াম'' নামে খনিজটি একটি নতুন ধরনের মৃত্তিকা; এটিকে অগ্নিদগ্ধ চুন বা "ম্যাগনেসিয়াম অ্যালবা'' (তার মানে ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড)র সঙ্গে গুলিয়ে ফেলা উচিত নয়। আই. কেইমের পরিপ্রেক্ষিতে টি. বার্জমান কিন্তু পাইরোলুসাইট থেকে ধাতুটি আলাদা করতে ব্যর্থ হয়েছিলেন।

সি. শীলে ছিলেন তৃতীয় ব্যক্তি, যিনি এই খনিজ থেকে নতুন মৌল পৃথক করতে চেষ্টা করেন। 1774 খ্রিস্টাব্দে স্টকহল্ম অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস (Stockholm Academy of Sciences)-এ "ম্যাঙ্গানিজ এবং এটির ধর্ম সম্বন্ধে'' (On Manganese and Its Properties) নামে তাঁর গবেষণা পত্রটি জমা দেন; এতে তিনি পাইরোলুসাইটের ওপর তাঁর তিন বছরের গবেষণার মোটামুটি পর্যালোচনা করেন। অত্যন্ত তথ্যপূর্ণ এই গবেষণা প্রবন্ধে তিনি দুটি ধাতুর (বেরিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ) আবিষ্কার এবং দুটি গ্যাসীয় মৌলের (ক্লোরিন ও অক্সিজেন বলে পরে সনাক্ত হয়েছে) বিবরণ পেশ করেন। শীলে প্রতিপন্ন করেছিলেন যে, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড সেই সময়ে জানা সকল রকমের মৃত্তিকা থেকে আলাদা ছিল।

ম্যাঙ্গানিজের ইতিহাসে দুটি উল্লেখযোগ্য তারিখে আছে: 16 মে এবং 27 জুন, 1774। 16 মে শীলে তাঁর বন্ধু ও স্বদেশবাসী আই. গাহ্ন (I. Gahn)-এর কাছে বিশুদ্ধ পাইরোলুসাইটের নমুনা পাঠিয়ে এটিকে বিশ্লেষণ করতে বলেন। গাহ্ন পাইরোলুসাইট, তেল ও গুঁড়ো কয়লার মিশ্রণ কয়লার খর্পরে নিয়ে এক ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করেছিলেন। খর্পরের তলায় তিনি অপরিষ্কৃত ধাতু পেয়েছিলেন, যার ওজন প্রথমে ব্যবহৃত পাইরোলুসাইটের এক তৃতীয়াংশ। 27 জুন তারিখে নতুন ধাতুটির নমুনা পেয়ে, শীলে তাঁর এক সহকারীকে লিখেছিলেন যে পাইরোলুসাইট থেকে প্রাপ্ত অপরিষ্কৃত ধাতুটি একটি অসম্পূর্ণ ধাতু সেটি অন্যান্য অসম্পূর্ণ ধাতু থেকে আলাদা; কিন্তু লোহার সঙ্গে অনেক সাদৃশ্য আছে। "অসম্পূর্ণ ধাতু'' শব্দটি রসায়নে ও ধাতুবিদ্যায় অনেকদিন পর্যন্ত রয়ে গিয়েছিল। এভাবে গাহন ধাতব ম্যাঙ্গানিজ পৃথক করতে সমর্থ হয়েছিলেন। এটা বলা যেতে পারে যে, এই মৌলটির আবিষ্কার তিনি সম্পূর্ণ করেন, যদিও তাঁর পাওয়া ম্যাঙ্গানিজে প্রচুর পরিমাণে কার্বন ছিল (বিশুদ্ধ ধাতুটি পরে প্রস্তুত করা হয়েছিল)।

1785 খ্রিস্টাব্দে গাহ্ন এবং শীলের থেকে স্বতন্ত্রভাবে, জার্মান রসায়নবিদ ইলসেমান (Ilsemann) পাইরোলুসাইট, ফ্লোরোস্পার, চুন এবং

কয়লার গঁড়ো মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে ম্যাঙ্গানিজ প্রস্তুত করেন। উৎপন্ন পদার্থটিকে প্রচণ্ডভাবে উত্তপ্ত করা হয়েছিল এবং প্রাপ্ত ম্যাঙ্গানিজ মোটামুটি বিশুদ্ধ ছিল। ল্যাটিনে ম্যাঙ্গানিজকে "ম্যাঙ্গানেসিয়াম" বলা হতো, যেটি পাইরোলুসাইটের পুরোনো নাম "ল্যাপিস ম্যাঙ্গানেন্‌সিস" (Lapis manganensis) থেকে উদ্ভূত। 1808 সালে ম্যাগনেশিয়াম পাওয়া গেলে, বিভ্রান্তি দূর করতে ম্যাঙ্গানিজের ল্যাটিন নামটি পরিবর্তন করে "ম্যাঙ্গানাম" (manganum) রাখা হয়।

বেরিয়াম

পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌলদের ন্যায় বেরিয়ামকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। বেরিয়ামের সবচেয়ে বিশিষ্ট খনিজ হলো সালফেট ও কার্বনেট। সপ্তদশ শতাব্দীতে (সঠিকভাবে 1602 সালে) একটি বেরিয়াম খনিজ কিমিয়াবিদদের দৃষ্টি আকর্ষণ করে।

সেই বছর বোলোগ্‌নার চর্মকার ভি. ক্যাস্‌সিয়ারালো (V. Casciaralo) লক্ষ্য করেন যে, হেভী স্পারকে (বেরিয়াম সালফেট) কয়লা ও বিশুষ্ক তেল (drying oil) সহযোগে উত্তপ্ত করার পর সাধারণ তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করলে লালচে দীপ্তি বার হয়। বেরিয়াম সালফাইডের (BaS) নাম ছিল বোলোগ্‌না ষ্টোন, বোলোগ্‌না ফসফরাস, সানষ্টোন ইত্যাদি। এই অদ্ভুত প্রতিপ্রভাকে বিভিন্নভাবে ব্যাখ্যা করা হয়। যেমন, ফরাসী রসায়নবিদ এন. ল্যামেরি (N. Lémery) তাঁর "রসায়ন পাঠ (Chemistry Course) বইয়ে লিখেছেন যে, গন্ধকের উপস্থিতির জন্যে বোলোগ্‌না ষ্টোন অন্ধকারে প্রতিপ্রভ সৃষ্টি করতে পারে। বোলডুইন ফসফরাস (অনার্দ্র ক্যালসিয়াম নাইট্রেট) নামে অন্য একটি খনিজও এই ধর্ম দেখায়।

অনেক দিন পর্যন্ত (1774 পর্যন্ত) হেভিস্পারকে চুনাপাথরের সঙ্গে গণ্ডগোল করে ফেলা হতো। এদুটিকে একই যৌগের দুটি রূপ বলে বিশ্বাস কররা হতো। 1774 খ্রিস্টাব্দে গাহ্‌নের সঙ্গে শীলে পাইরোলু-সাইট নিয়ে গবেষণায় একটি নতুন যৌগ আবিষ্কার করেন, যেটি সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। শীলে প্রতিপন্ন করেন যে, হেভিস্পারে একটি অজ্ঞাত মৃত্তিকা আছে, যার নাম রাখা হয় "ব্যারাইটা"।

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ চতুর্থাংশে বেরিয়াম অক্সাইড ভালোভাবেই জানা

ছিল। এটিতে একটি অজানা মৌল আছে বলে ইঙ্গিত দেওয়া হয়। "রসায়নের পাঠ্যবই" (Text book of Chemistry) নামে তাঁর বইয়ে এ. ল্যাভয়সিয়ের এই ধারণাটিকে সমর্থন করেন। "সরল বস্তুর তালিকা" (The Table of Siınple Bodies)-য় ব্যারাইটাকে সরল বস্তু বলে ধরা হয়েছিল। 1808 খ্রিটাব্দে এইচ, ডেভি ক্যালসিয়াম যেভাবে প্রস্তুত করেছিলেন, ঠিক সেইভাবে একটি নতুন মৌল প্রস্তুত করতে সমর্থ হন (অধ্যায় 5 দ্রষ্টব্য)।

বেরিয়াম শব্দটা গ্রীক শব্দ ব্যারোস (baros অর্থাৎ ভারী) থেকে এসেছে। কারণ বেরিয়াম অক্সাইড এবং এটির খনিজগুলি মুখ্যত বিশেষভাবে ভারী হয়।

মলিব্‌ডেনাম

মলিব্‌ডেনামের গল্পটা ঘটনা বহুল নয়। এর গল্পটা খুবই সাধারণ। কেবল একটি বর্ণনা বেশ আকর্ষণীয়। এই বিরল মৌলটি বেশ আগেই আবিষ্কৃত হয়েছিল, (1778 খ্রিস্টাব্দে), যখন রাসায়নিক বিশ্লেষণ সবে এসে হাজির হচ্ছে। মলিব্‌ডেনামকে প্রথম অক্সাইড হিসেব প্রস্তুত করা হয়। "মলিব্‌ডেনাম" নামটা, মৌলটি আবিষ্কারের বেশ আগে থেকে দেখা দিয়েছে। সীসার খনিজের (লেড গ্ল্যান্স) গ্রীক নাম "মলিবডেনা" থেকে এটির নামটা উদ্ভূত হয়েছে এবং "মলিবডোস" মানে সীসা। এই দুটি পরস্পরের সদৃশ। এই দুটির সঙ্গে অপর একটি খনিজও সদৃশ ছিল, পরে যেটি "মলিবডেনাইট" (মলিবডেনাম সালফাইড) নামে পরিচিত ছিল।

1754 খ্রিস্টাব্দে সুইডিশ খনিজবিদ এ. ক্রোন্‌স্টেডট (A. Cronstedt) এই খনিজগুলির মধ্যে পার্থক্য খুঁজে পান এবং বলেন যে, মলিবডেনাইটের কিছু বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম আছে। কিন্তু এর জন্য প্রমাণ দরকার ছিল। একটা শুভ যোগাযোগের ফলে মলিবডেনাইটের গবেষণার বিষয়টি শীলের হাতে পড়েছিল। 1778 সালে তিনি মলিবডেনাইটের বিশ্লেষণ করেন। মলিবডেনাইটের ওপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগের ফলে সাদা রঙের ভারী পদার্থ (অধঃক্ষেপ) পাওয়া গিয়েছিল সেটিকে শীলে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ সাদা মৃত্তিকা বলেন। সেই সময় গ্রাফাইটের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড কোন বিক্রিয়া করতো না। এতে গ্রাফাইট ও মলিবডেনাইটের

মধ্যে পার্থক্যটা স্পষ্ট ছিল। এই সাদা মৃত্তিকাটি অ্যাসিড গুণ সম্পন্ন হওয়ায় শীলে এটিকে "মলিবডিক অ্যাসিড" নাম দিয়েছিলেন। মলিবডিক অ্যাসিডকে প্রচণ্ডভাবে উত্তপ্ত করে এই সুইডিশ রসায়নবিদ মলিব্ডেনাম অক্সাইড পেয়েছিলেন। তার মানে নতুন একটি মৌলের অক্সাইড। শীলে এটি বিশ্বাস করতেন এবং তাঁর বিশ্বাসে অংশ নিয়েছিলেন তাঁর স্বদেশবাসী টি. বার্জমান।

মলিবডিক মৃত্তিকা থেকে এর পর ধাতুটিকে নিষ্কাশন গুরুত্বপূর্ণ ছিল। এটি করার জন্যে মৃত্তিকাটিকে কয়লা সহযোগে উত্তপ্ত করতে শীলে মনঃস্থ করেন। যে কোন কারণে তিনি এই বিক্রিয়াটি নিজে করতে পারেন নি এবং তাঁর বন্ধু পি. জেল্‌ম (P. Hjelm) কে করতে অনুরোধ করেন। 1790 খ্রিস্টাব্দে জেলম তাঁর অনুরোধ রক্ষা করেন। কিন্তু তাঁর পাওয়া মলিবডেনামে কার্বন ও মলিবডেনাম কার্বাইড ছিল। বিশুদ্ধ মলিবডেনাম প্রস্তুতির গৌরবটি পান জে. বার্জিলিয়াস (1817 খ্রিস্টাব্দে অক্সাইডটিকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করে তিনি বিশুদ্ধ মলিবডেনাম প্রস্তুত করেন)।

টাংস্টেন

টাংস্টেন যদিও বিরল মৌল, তবুও এটি (অক্সাইড রূপে) আবিষ্কৃত হয়েছিল অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ দিকে। মোটামুটিভাবে এটি হঠাৎ আবিষ্কৃত হয়েছিল, টাংস্টেন আবিষ্কারে বৈশ্লেষিক রসায়নের উন্নতিরও যথেষ্ট অবদান আছে।

টাংস্টেন কথাটা অনেক আগের থেকে আছে। জার্মানিতে এটির মানে নেকড়ের লালা (Wolf's froth)। বিশেষ কিছু খনিজ থেকে টিন বিগলনে, বিগলিত ধাতুর একটি অংশ নষ্ট হয়, যাকে পুনরুদ্ধার করা যায় না। মধ্যযুগের খনি-কর্মীরা বিশ্বাস করতেন যে, আকরিকটির মধ্যে যে খনিজ আছে তা টিনকে "খেয়ে" ফেলে যেমন করে নেকড়ে ভেড়াকে খেয়ে ফেলে। এই খনিজটিকে টাংস্টেন বা উলফ্রেমাইট (Wolframite) বলে। সময় যত যেতে লাগলো টাংস্টেনের দিকে বিজ্ঞানীদের মন তত আকর্ষিত হতে লাগলো। 1761 খ্রিস্টাব্দে জার্মান ধাতুবিদ আই. লেমান (I. Lemann) উলফ্রেমাইটকে বিশ্লেষণ করে নতুন কিছু উপাদান এতে পাননি। তাঁর স্বদেশবাসী পি. উল্‌ফ (P. Wolf) বলেছেন যে.

উলফ্রেমাইটে নতুন "কিছু" আছে। বিশিষ্ট খনিজ "টাংস্টেন" বা হেভি স্টোন"ও জানা ছিল। এ. ক্রোনস্টেডট 1751 খ্রিষ্টাব্দে এটি আবিষ্কার করেন। 1781 খ্রিস্টাব্দে সি. শীলে এই খনিজটিতে মনোযোগ দেন, যিনি টাংস্টেনে (ক্যালসিয়াম উলফ্রেমাইট) নাইট্রিক অ্যাসিড যোগে মলিবডিক অ্যাসিডের ন্যায় একটি সাদা পদার্থ পেয়েছিলেন। অন্যতম শ্রেষ্ঠ বিশ্লেষক শীলে এই দুই অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য দেখিয়েছিলেন এবং এই জন্যে তাঁকে টাংস্টেনের প্রকৃত আবিষ্কারক বলে মনে করা হয়।

শীলের স্বদেশবাশী টি. বার্জমানও আবিষ্কারের সূত্রপাত করেন। তাঁর মতে, টাংস্টেনের ঘনত্ব বেশী হওয়ার জন্যে ব্যারাইটা মৃত্তিকায় এটি পাওয়া যেতে পারে। খনিজটির গবেষণায়, বিজ্ঞানী একটি সাদা পদার্থ, এটির থেকে পেয়েছিলেন, যাকে তিনি টাংস্টিক অ্যাসিড বলেছিলেন। এর পর বার্জমান একটি ভুল পথ অনুসরণ করেন এবং বলেন যে টাংস্টিক অ্যাসিড ও মলিবডিক অ্যাসিড দুটি আর্সেনিকের যৌগ ছিল। তাঁর এই ধারণাটিকে তিনি পরীক্ষা করে দেখেন নি। 1783 খ্রিস্টাব্দে এফ. ডি' ইগলুয়ার (F. D' Egluar) এবং এইচ. ডি'ইগলুয়ার (H. D'Egluar) নামে দুই স্পেইনীয় ভাই উলফ্রেমাইট থেকে সাদা রঙের একটি অ্যাসিড পৃথক করতে সমর্থ হন এবং সেটি স্টাংস্টিক অ্যাসিডের সঙ্গে সদৃশ বলে প্রমাণিত হয়েছিল। বার্জমান এবং শীলের ন্যায় এই দুই স্পেইনীয় ভাই ধাতব টাংস্টেন নিষ্কাশন করতে সমর্থ হন।

টেলুরিয়াম

অষ্টাদশ শতাব্দীর দ্বিতীয় অর্ধে অস্ট্রিয়ায় একটি অদ্ভুত নীলচে সাদা আকরিক আবিষ্কৃত হয়েছিল। আরো সঠিকভাবে বলতে গেলে অস্ট্রিয়ার সপ্ত পাহাড় অঞ্চলে (Seven Mountains) পাওয়া গিয়েছিল। এই আকরিকটি অদ্ভুত ছিল কারণ এটির গঠন সম্বন্ধে কোন মতৈক্য ছিল না। এটিতে সোনা আছে কিনা এই প্রশ্ন ঘিরে বিতর্ক চলেছিল। এটির নামগুলিও অদ্ভুত ছিল: যেমন সোনা, সাদা সোনা এবং সর্বশেষে বিতর্কিত সোনা। কয়েকজন বিজ্ঞানী মনে করেন যে, এ ব্যাপারে কোন সমস্যাই ছিল না এবং সম্ভবত আকরিকে অ্যান্টিমনি বা বিসমাথ বা উভয়েই বর্তমান। অবশেষে 1782 খ্রিস্টাব্দে খনি ইঞ্জিনিয়ার আই. মুলার (I. Muller) (পরবর্তীকালে ব্যারন ভন রেইচেন্‌স্টেইন)

আকরিকটির সম্বন্ধে ব্যাপক রাসায়নিক অনুসন্ধান চালান এবং এটির থেকে অবিশুদ্ধ ধাতু নিষ্কাশন করেন, যেটি অ্যাণ্টিমনির সঙ্গে সদৃশ বলে তাঁর মনে হয়েছিল। এই মিল থাকা সত্ত্বেও পূর্বে অজ্ঞাত একটি নতুন মৌল নিয়ে কাজ করছেন বলে পরের বছর তিনি নিশ্চিত হন। নিজের বিশ্বাসের ওপর নির্ভরশীল না হয়ে তিনি এ বিষয়ে বার্জমানের সঙ্গে আলোচনা করেন। কিন্তু বার্জমানের কাছে পাঠানো আকরিকটি এত ছোট ছিল যে, কোন স্থির সিদ্ধান্তে আসা সম্ভব হয় নি। শুধু এটুকু প্রমাণিত হয়েছিল যে, মুলারের ধাতুটি অ্যান্টিমনি ছিল না এবং এবিষয়ে ঐ খানেই পরিসমাপ্তি হয়েছিল। পরবর্তী পনেরো বছরের মধ্যে অস্ট্রিয়ান খনি ইঞ্জিনিয়ারের আবিষ্কার নিয়ে আর কেউ আলোচনা করেন নি। টেলুরিয়ামের সত্যিকারের জন্ম আরও কিছুকাল পরে হয়েছিল।

টেলুরিয়ামের, দ্বিতীয়বার জন্মের ব্যাপারে জার্মান রসায়নবিদ এম. ক্লপরথ (M. Klaproth) সাহায্য করেছিলেন। "সপ্ত পাহাড়" অঞ্চলে প্রাপ্ত সোনা ধারণকারী আকরিক সম্বন্ধে, 1798 খ্রিস্টাব্দের 25 জানুয়ারী তারিখে তিনি বার্লিনের "অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" (Academy of Sciences)-এর অধিবেশনে নিবন্ধ পেশ করেন। মুলার যা করেছিলেন, তা তিনি পুনরাবৃত্তি করেন। মুলারের এ বিষয়ে কোন সন্দেহ থাকলেও ক্লপরথের কোন সন্দেহ ছিল না। তিনি এই নতুন মৌলটির নাম দেন "টেলুরিয়াম" (ল্যাটিন শব্দ "টেলাস" (tellus) মানে পৃথিবী থেকে,নামকরণ হয়েছে)। ক্লপরথ যদিও মুলারের কাছ থেকে আকরিকটি পেয়েছিলেন, তিনি কিন্তু মুলারের সঙ্গে টেলুরিয়াম আবিষ্কারের গৌরব ভাগ করে নিতে ইচ্ছুক ছিলেন না। তবে আমাদের দৃষ্টিকোণ থেকে, জার্মান রসায়নবিদের গুরুত্ব কিছু কম ছিল বলে মনে করা যায় না। যেভাবেই হোক তিনি বিস্মৃত মৌলটিকে পুনর্জীবিত করে তোলেন।

টেলুরিয়াম আবিষ্কারের ইতিহাসের সঙ্গে তৃতীয় ব্যক্তির কথা ভাববার যথেষ্ট কারণ আছে। তিনি ছিলেন হাঙ্গেরীর পেষ্ট বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক এবং রসায়ন ও উদ্ভিদ বিজ্ঞানী, পি. কিটেইবেল (P. Kiteibel)। 1789 খ্রিস্টাব্দে তিনি তাঁর সহকর্মীর কাছ থেকে একটি খনিজ পেয়েছিলেন, যেটিকে রূপাযুক্ত মলিবডেনাইট বলে মনে করা হতো। পি. কিটেইবেল এটির থেকে একটি নতুন মৌল নিষ্কাশন করেন। ঐ একই মৌল বিতর্কিত সোনায় বর্তমান বলে তিনি প্রমাণ করেন। এইভাবে কিটেইবেল অন্য বিজ্ঞানীর থেকে স্বতন্ত্রভাবে টেলুরিয়াম আবিষ্কার করেন। এটা খুব দুঃখের

কথা যে, তিনি তাঁর গবেষণার বিষয়বস্তু তৎক্ষণাৎ প্রকাশিত না করে তাঁর গবেষণার বিষয় বস্তুটি তাঁর সহকর্মীদের কাছে পাঠান, বিশেষ করে ভিয়েনাবাসী খনিজবিদ এফ. এস্ট্‌নেরের (F. Estner)-এর কাছে। এস্ট্‌নেরের কাছে কিটেইবেলের গবেষণার বিষয়বস্তু জেনে ক্লপরথ এগ্‌লির অন্‌কূলে বললেও, এগ্‌লিকে দৃঢ়ভাবে সমর্থন করেননি। বেশ কয়েক বছর পর আই. ম্‌লার ক্লপরথকে চিঠি লেখেন এবং শেষোক্ত ব্যক্তি চিঠির বিষয়বস্তুর ফলাফলটি প্রকাশিত করতে সময় পেয়েছিলেন। এর পরে ক্লপরথ তাঁকে এক মাত্র আবিষ্কারক বলে মনে করেন এবং তাঁর বিবরণীতে এটি উল্লেখ করেন।

বহ্‌কাল যাবৎ টেল্‌রিয়ামকে ধাতু বলে মনে করা হতো। 1832 খ্রিস্টাব্দে বার্জেলিয়াস গন্ধক ও সেলেনিয়ামের সঙ্গে এটির সাদৃশ্য লক্ষ্য করেন এবং এর ফলে চিরকালের জন্যে টেল্‌রিয়াম অধাতব মৌলের শ্রেণীতে থেকে গিয়েছিল।

স্ট্রনসিয়াম

1787 খ্রিস্টাব্দে স্কটল্যাণ্ডের স্ট্রোনসিয়ান গ্রামের কাছে সীসার খনিতে স্ট্রনসিয়ানাইট নামে একটি নতুন খনিজ আবিষ্কৃত হয়। কিছ্‌ খনিজবিদ এটিকে ফ্ল্‌য়োরাইটের (CaF_2) একটি র্‌প হিসেবে শ্রেণীবিভক্ত করেন। কিন্তু বেশীভাগ বিজ্ঞানী স্ট্রনসিয়ানাইটকে ওয়েথেরাইটের (বেরিয়ামের খনিজ $BaCO_3$) একটি র্‌প বলে মনে করতেন।

1790 খ্রিস্টাব্দে স্কটিশ ডাক্তার এ. ক্রউফোর্ড (A. Crawford) খনিজটিকে নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন এবং এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, স্ট্রনশিয়ানাইটের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত লবণটি বেরিয়াম ক্লোরাইডের থেকে আলাদা। এটা জলে অনেকবেশী দ্রাব্য এবং এটির কেলাসের আকার ভিন্ন রকমের। প্‌র্বে অজানা কোন একটি মৃত্তিকা স্ট্রনশিয়ানাইটে আছে বলে ক্রইফোর্ড মনে করেন।

1791 সালের শেষের দিকে স্কটিশ রসায়নবিদ টি. হোপ (T. Hope) স্ট্রনশিয়ানাইটের গবেষণায় নিজেকে নিয়োজিত করেন এবং ওয়েথেরাইট ও স্ট্রনশিয়ানাইটের মধ্যে পার্থক্য প্রমাণিত করেন। তিনি আরও লক্ষ্য করেন যে, স্ট্রনশিয়াম মৃত্তিকা পোড়া চুনের থেকে অধিক সক্রিয়ভাবে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। বেরিয়াম অক্সাইডের থেকে এটি আরও সহজে জলে

দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং যে কোন স্ট্রনশিয়ামের লবণ আগুনের শিখাকে লাল করে। নতুন মৃত্তিকাটি ক্যালসিয়াম ও বেরিয়ামের মৃত্তিকার মিশ্র বস্তু নয় বলে টি. হোপ প্রমাণ করেন। নতুন মৃত্তিকাটি ধাতব প্রকৃতির বলে ল্যাভয়সিয়ের ধারণা করেন, কিন্তু কেবলমাত্র 1808 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ডেভি এটি প্রমাণ করতে সমর্থ হন।

একজন বিজ্ঞানীর কথা উল্লেখ না করলে স্ট্রনশিয়ামের আবিষ্কারের ইতিহাসটি অসম্পূর্ণ থেকে যায়, স্ট্রনশিয়ানাইটের সম্বন্ধে গবেষণার কৃতিত্বের অনেকটা নিঃসন্দেহভাবে যার পাওয়া উচিত। তিনি হলেন রুশ রসায়নবিদ টি. ই. লোভিটস (T. E. Lovits), যিনি অন্য বিজ্ঞানীদের থেকে স্বতন্ত্রভাবে সিদ্ধান্ত করেন যে স্ট্রনশিয়ানাইটে একটি অজ্ঞাত মৌল আছে। হেভিস্পার থেকে স্ট্রনশিয়াম আবিষ্কার লোভিট্সই প্রথম করেন। এইচ. ডেভির দেওয়া ধাতব স্ট্রনশিয়াম প্রস্তুতির পদ্ধতি দিয়ে যথেষ্ট বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যেত না। 1924 খ্রিস্টাব্দে পি. ডেনার (P. Danner) অ্যালুমিনায়াম বা ম্যাগনেশিয়াম ধাতু দিয়ে অক্সাইডকে বিজারণ করে প্রথম বিশুদ্ধ ধাতব স্ট্রনশিয়াম প্রস্তুত করেন।

জার্কোনিয়াম

জার্কোনিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনায় যথেষ্ট মিল আছে। অনেকদিন ধরে পরেরটি প্রথমটিকে ঢেকে রেখেছিল। মধ্যযুগে জানা জার্কোনিয়াম খনিজে অজানা মৌল আছে বলে কেউ অনুমান করে নি। ভূত্বকে সবচেয়ে বেশী প্রাপ্ত ধাতুগুলির অন্যতম (0·02%) — জার্কোনিয়াম এইভাবে অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ দিক পর্যন্ত "অদৃশ্য" ছিল। বর্তমানে জার্কোনিয়ামের প্রধান উৎস হলো জারকন খনিজ। হায়াসিন্থ (hyacinth) এবং জারগুন (jargoon) — এই দুই রূপে বর্তমানে এই খনিজটি পাওয়া যায়। হলুদধূসর থেকে ধোঁয়ার ন্যায় সবুজ সুন্দর রংয়ের জন্যে হায়াসিন্থ বহুকাল আগের থেকেই দামী পাথর হিসেবে জানা ছিল।

হায়াসিন্থের গঠন চুনি এবং পোখরাজের ন্যায় বলে বিশ্বাস করা হতো।

জারকনকে একাধিক বার বিশ্লেষণ করা হয়েছিল, কিন্তু প্রত্যেকবার ভুল হয়েছিল। 1787 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ জে. ভিয়েগ্লেব (I. Wiegleb) সিংহল (Ceylon) থেকে প্রাপ্ত জারকনকে বিশ্লেষণ করে কেবলমাত্র সিলিকন

ডাই অক্সাইড এবং চুন, ম্যাগনেশিয়া ও লোহার সামান্য মিশ্রণ পেয়েছিলেন। টি. বার্জমানের ন্যায় নিপুন রসায়নবিদও সিংহল-হায়াসিন্থের বিশ্লেষণে 25% সিলিকন ডাই অক্সাইড, 40% অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, 13% আয়রন অক্সাইড এবং 20% চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড) পেয়েছিলেন। মৌলটি (পরে যেটি জার্কোনিয়াম নাম পরিচিত হয়েছিল) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের নিচে সহজে লুকিয়ে ছিল।

1789 খ্রিস্টাব্দে এই প্রাকৃতিক ছদ্মবেশের আবরণটি উন্মোচন করেন এম. ক্লপরথ। রূপোর খর্পরে জারকনের গুঁড়ো (টি. বার্জমানের ব্যবহৃত নমুনার ন্যায়) ক্ষারের সহযোগে উত্তপ্ত করেছিলেন। প্রাপ্ত সংকরটিকে সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে, প্রাপ্ত দ্রবণ থেকে ক্লপরথ একটি নতুন মৃত্তিকা পৃথক করেন। সেটির নাম দেন জার্কোনিয়াম। 25% সিলিকা, 0·5% আয়রন অক্সাইড এবং 70% জার্কোনিয়াম মৃত্তিকা আছে বলে তাঁর বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায়। বার্জমানের বিশ্লেষণের ফলের সঙ্গে এটির কোন কিছুর মিল ছিল না। ঐ একই বছরে ফ্রান্সে প্রাপ্ত হায়াসিন্থ থেকে গুইটন ডি. মর্ভিয়ু (Guyton de Morveau) জার্কোনিয়াম পৃথক করে ক্লপরথের ফলাফলকে দৃঢ়ভাবে সমর্থন করেন।

ধাতব জার্কোনিয়াম প্রস্তুতি তত সোজা ছিল না। 1808 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ডেভি জার্কোনিয়াম মৃত্তিকাকে তড়িৎ প্রবাহ দিয়ে ভাঙ্গতে বৃথা চেষ্টা করেন। 1824 খ্রিস্টাব্দের পরে বার্জিলিয়াস প্ল্যাটিনাম ক্রুসিবিলে বিশুদ্ধ পটাশিয়াম, পটাশিয়াম ফ্লুয়োরাইড এবং জারকন মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে অবিশুদ্ধ জার্কোনিয়াম পেয়েছিলেন। জার্কোনিয়াম নামটা এটির খনিজ থেকে হয়েছে।

ইউরেনিয়াম

বিস্মৃতি থেকে উঠে হঠাৎ বিখ্যাত হয়ে পড়া অন্য কোন রাসায়নিক মৌলের ক্ষেত্রে বড় একটা ঘটে নি, কিন্তু পর্যায় সারণীর 92 নম্বর ঘরে অবস্থিত ইউরেনিয়ামের ক্ষেত্রে তা ঘটেছে। 1789 খ্রিস্টাব্দে আবিষ্কৃত হওয়ার পর এটি বহুকাল ধরে রসায়নবিদদের মনোযোগ আকর্ষণ করেনি এবং এমনকি এটির পারমাণবিক ভর পর্যন্ত সঠিকভাবে নির্ণীত হয় নি। রঙীন কাঁচ প্রস্তুতিতেই কেবলমাত্র এটির ব্যবহার সীমাবদ্ধ ছিল। যারা নতুন বিষয়ের প্রতি গবেষণায় ইচ্ছুক, তাদের ইউরেনিয়াম যৌগগুলির ওপর

বিশেষ নজর দেওয়ার জন্যে, 1906 সালে মেন্দেলেয়েভ তাঁর রসায়নের নিয়মাবলী (Principles of Chemistry) নামক বইয়ের অষ্টম সংস্করণে অনুরোধ করেছিলেন। ঊনবিংশ শতাব্দীতে ইউরেনিয়ামের সঙ্গে জড়িত সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ দুটি ঘটনার কথা মেণ্ডে, লেয়েভ এর কারণ হিসেবে উল্লেখ করেছিলেন: যেমন হিলিয়াম এবং তেজষ্ক্রিয়তার আবিষ্কার। এবং সর্বোপরি, প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌলসমূহের মধ্যে অপ্রত্যাশিত ভাবে সবশেষে থাকা এবং সবচেয়ে বেশী পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হওয়াই কি এর কারণ?

কোন কোন বিজ্ঞানী আমাদের শতাব্দীতে এই 92 তম মৌলটিকে এক নম্বর মৌল উল্লেখ করেন।

দুশো বছর আগে ইউরেনিয়াম আবিষ্কারের ব্যাপারে চমকপ্রদ এমন কিছু ছিল না। বৈশ্লেষিক রসায়নের আবিষ্কারের ক্রমবিকাশের সময় এটি অন্যগুলির ন্যায় ছিল। এটির আবিষ্কারক যে এম ক্লপরথ ছিলেন সে বিষয়ে কোন সন্দেহ ছিল না। এটা সত্যি যে, ইউরেনিয়ামের প্রকৃত নিষ্কাশনকারী হিসেবে অন্যজনের নাম যুক্ত ছিল (এ প্রসঙ্গে আমরা পরে ফিরে আসবো)।

বহুকাল যাবৎ পিচব্লেণ্ড মানুষের জানা ছিল। পিচ্ব্লেণ্ডকে দস্তা ও লোহার আকরিক বলে যখন মনে করা হতো, তখনও রাসায়নিক বিশ্লেষণ তার শৈশব অবস্থায় ছিল। পিচব্লেণ্ডের সঠিক গঠনের ধারণা অনেক পরে হয়েছিল।

ক্লপরথের হাতে পিচব্লেণ্ডের নমুনা এলে তিনি এই খনিজের একটি টুকরো নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে দ্রবণে পটাশ যোগ করেন। এতে হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়েছিল যেটি অতিরিক্ত পটাশে দ্রাব্য ছিল। সবুজাভ হলুদ রংঙের, ষড়ভুজাকার প্রিজমের ন্যায় কেলাসাকার পদার্থ ছিল অধঃক্ষেপটি। ক্রমশ বিজ্ঞানীটি এই সিদ্ধান্ত করেছিলেন যে, তিনি একটি নতুন মৌলের লবণ পেয়েছেন। এটির অক্সাইড প্রস্তুতের পর তিনি বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করতে চেষ্টা করেছিলেন। ক্রসিবিলের তলায় উজ্জ্বল কালো রঙের অনিয়তাকার পদার্থ প্রাপ্তিতে এই জার্মান বিজ্ঞানী ধরে নিয়েছিলেন যে তাঁর উদ্দেশ্য সফল হয়েছে। কিন্তু ক্লপরথের ভুল হয়েছিল। ধাতুটির অক্সাইড এবং অল্প পরিমাণ ধাতুর মিশ্রণ তিনি বড়জোর পেয়ে থাকবেন। বিশুদ্ধ ইউরেনিয়াম নিষ্কাশন যে কত কঠিন তা বিজ্ঞানীদের দেখা তখনও বাকী ছিল।

নিজের সাফল্যের সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ হয়ে ক্লপরথ নতুন আবিষ্কৃত মৌলটির নাম রেখেছিলেন "ইউরেনিয়াম"। তিনি লিখেছিলেন:

"প্রাচীনকালে সাতটি গ্রহ জানা ছিল এবং সাতটি ধাতুর সঙ্গে সেগুলির মিল আছে বলে মনে করা হতো। ঐতিহ্য অনুসারে, সদ্য আবিষ্কৃত গ্রহের নাম অনুযায়ী মৌলটির নামকরণ সঠিক হয়েছিল।'' এটি 1781 খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ জ্যোতির্বিজ্ঞানী হার্‌সেল (Herschel) কর্তৃক আবিষ্কৃত ইউরেনাস গ্রহ। এটির পর মহাজগতের বস্তুর নামানুসারে নতুন রাসায়নিক মৌলের নামকরণ করা একটি রীতি হয়ে দাঁড়িয়েছিল। সরল বস্তুর তালিকায় ইউরেনিয়ামকে রাখা হয়েছিল এবং তা পাঠ্য বইয়েও চলে এসেছিল। কিন্তু এর পর অনেক দিন পর্যন্ত ধাতব ইউরেনিয়াম অনাবিষ্কৃত রয়ে গিয়েছিল। এমনকি জার্মান বিজ্ঞানীর আবিষ্কারের সম্বন্ধে কোন কোন বিজ্ঞানী সন্দেহ প্রকাশ করেন। ক্লপরথের মৃত্যুর (1817) ছ'বছর পর বার্জিলিয়াসের ছাত্র জে. অর্ফভেড্‌সন (J. Arfvedson) সম্ভবত তাঁর গুরুর পরমর্শানুসারে এই সকল সন্দেহের নিরসন করতে মনঃস্থ করেছিলেন। তিনি গাঢ় সবুজ ইউরেনিয়াম অক্সাইডকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করতে চেষ্টা করেন। অর্ফভেড্‌সন মনে করেছিলেন যে প্রাথমিক বস্তুটি নিম্নতর অক্সাইড ছিল (এখন আমরা জানি যে, সুইডিশ বিজ্ঞানী U_3O_8 নিয়ে কাজ করেছিলেন)। বিক্রিয়াটিতে বাদামী রঙের অনিয়তাকার পদার্থ উৎপন্ন হয়েছিল, যেটিকে অর্ফভেড্‌সন মনে করেছিলেন যে তিনি ধাতব ইউরেনিয়াম আবিষ্কার করেছেন।

1841 খ্রিস্টাব্দে ফরাসী রসায়নবিদ ই. পেলিগট (E. Peligot) নতুন বিজারণ পদ্ধতির সাহায্যে ধাতব ইউরেনিয়াম নিষ্কাশনে সমর্থ হন। বদ্ধ প্ল্যাটিনাম ক্রুসিবিলে অনার্দ্র ইউরেনিয়াম ক্লোরাইড ও ধাতব পটাশিয়ামের মিশ্রণ নিয়ে উত্তপ্ত করে কালো রঙের অনিয়তাকার ধাতু পেয়েছিলেন। ক্লপরথ কর্তৃক বর্ণিত ধাতব ইউরেনিয়ামের সঙ্গে এটির ধর্মের লক্ষণীয় পার্থক্য ছিল। তাই বিজ্ঞানের কোন কোন ইতিহাসবেত্তা ইউরেনিয়ামের প্রকৃত আবিষ্কারক হিসেবে ই. পেলিগটের নামটি জুড়ে দেন।

ফরাসী রসায়নবিদ এ. ম'য়সে (A. Moissan) ইউরেনিয়াম ধাতুর বাট প্রস্তুত করেন, তাঁর আবিষ্কৃত তড়িৎচুল্লীতে ধাতুটিকে গলিয়ে। কারণ এই চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রা সৃষ্টি করা যায়। 1896 খ্রিস্টাব্দে মে মাসে তিনি প্রথম ধাতুটির বাট প্রস্তুত করেন এবং সেটি বেক্‌উরেল (Becquerel) কে দেন। এই নমুনাটির সাহায্যে বেক্‌উরেল, মৌল ইউরেনিয়ামে বিদ্যমান তেজষ্ক্রিয়তা যে একটি ধর্ম — তা প্রমাণিত করেন। এই ধর্মের জন্যে ইউরেনিয়াম প্রথম সবার দৃষ্টি আকর্ষণ করে।

পর্যায় সারণী নিয়ে কাজ করবার সময় ইউরেনিয়াম, দ. ই. মেন্ডেলেয়েভকে এক সময় যথেষ্ট ঝামেলায় ফেলেছিল। ইউরেনিয়ামের পারমাণবিক ভর ধরা হয়েছিল 120। অতএব ইউরেনিয়ামকে তৃতীয় শ্রেণীতে (পর্যায় সারণীর) অ্যালুমিনিয়ামের সদৃশ ভারী মৌল হিসেবে রাখা হয়েছিল। কিন্তু এই স্থান নির্দেশ কোন মতেই ইউরেনিয়ামের ধর্মের সঙ্গে খাপ খায়নি। এতে মেন্দেলেয়েভ সিদ্ধান্ত করেন যে, ইউরেনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় সঠিক হয়নি এবং এটি শতকরা 100 ভাগ বাড়াবার জন্যে প্রস্তাব করেন। এর ফলে ইউরেনিয়ামকে ষষ্ঠ শ্রেণীতে টাংস্টেনের তলায় রাখা হয় এবং পর্যায় সারণীর সর্বশেষ মৌল হয়।

টাইটেনিয়াম

ডবলু. গ্রেগর (W. Gregor) রসায়নবিদ ছিলেন না। এই ইংরেজ ধর্মযাজক কখনও কখনও রাসায়নিক পরীক্ষা করতেন, কারণ খনিজ বিজ্ঞানে তাঁর শখ ছিল। সময় সময় গ্রেগর বিভিন্ন খনিজের গঠন নিয়ে গবেষণা করতেন। তাঁর কাজে তিনি এতদূর সফল হয়েছিলেন যে, পরে জে, বার্জিলিয়াস তাঁকে বিশিষ্ট খনিজবিদ বলে সম্মান করতেন।

এক সময় গ্রেগর কালো বালির গঠন সম্বন্ধে কৌতূহলী হন। যাজক পল্লীর এলাকায় অবস্থিত মেনাসিন (Menaccin) উপত্যকায় তিনি এই বালির সঞ্চয় দেখেছিলেন। বারুদের মত দেখতে এই কালোবালি অন্যান্য মলিন সাদা বালির সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় গ্রেগরের দৃষ্টি আকর্ষণ করে। কালো বালির দানা পৃথক করে তিনি এগুলি বিশ্লেষণ করেন। নিম্নলিখিত পরিমাণের সাহায্যে এই বিশ্লেষণের সতর্কতার সম্বন্ধে আপনি বিবেচনা করতে পারবেন: শতকরা $40^{9}/_{6}$ ভাগ আয়রণ অক্সাইড ($^{9}/_{6}$ অংশটি খুবই উৎসাহব্যঞ্জক), $3^{1}/_{2}$ ভাগ সিলিকা এবং শতকরা 45 ভাগ লালচে বাদামী রঙের চুন বলে গ্রেগর বর্ণনা করেন এবং $4^{15}/_{16}$ ভাগ বিশ্লেষণ কালে নষ্ট হয়ে যায়। এই তালিকায় লালচে বাদামী চুনটা হলো কৌতূহলের বিষয়। এটি সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে হলুদ দ্রবণ উৎপন্ন করে। দস্তা, টিন বা লোহার ক্রিয়ার ফলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনি লাল হয়। তাঁর আবিষ্কৃত বিষয়ের বিবরণ সহ একটি নিবন্ধ গ্রেগর লেখেন। অত্যন্ত বিনয়ী গ্রেগর বিশ্বাস করতেন যে, তাঁর গবেষণা অসম্পূর্ণ। তিনি কেবল কতকগুলি তথ্য

তুলে ধরেছিলেন যেগুলির ব্যাখ্যার দ্বারা বিচক্ষণ বিজ্ঞানীরা উপকৃত হয়েছিলেন।

তাঁর বন্ধু ও খনিজবিদ ডি. হকিন্স (D. Hawkins) গ্রেগরকে বুঝিয়েছিলেন যে কালোবালি হলো অজ্ঞাত নতুন মৌল। এই রকম মতামত যিনি দিয়েছিলেন তিনি খনিজবিদ্যায় গ্রেগরের থেকে কোন অংশে কম ছিলেন না। কালোবালিতে একটি নতুন ধাতব মৌল আছে বলে তিনি গ্রেগরকে পরামর্শ দেন। যে অঞ্চলে এই বালি পাওয়া গিয়েছিল সেই স্থানের সম্মানার্থে গ্রেগর এই মৌলটির নাম "মেনাসিন" দেবার প্রস্তাব করেন এবং বালিকে "মেনাসাইট" (menaccite) (বা মেনাকোনাইট (menacconite)। এই কালোবালির বর্তমান নাম ইলমেনাইট এবং এটির সংকেত $FeTiO_3$। এগুলি থেকে এইটাই বোঝা যায় যে 1791 খ্রিস্টাব্দে গ্রেগর টাইটেনিয়াম আবিষ্কার করেন।

কিন্তু বিজ্ঞানের অনেক ইতিহাসবেত্তা এম. ক্লপরথকে টাইটেনিয়ামের আবিষ্কারক বলে মনে করেন, যদিও গ্রেগরের কাজের উৎকর্ষতা ছিল প্রশ্নাতীত। কিন্তু ইংরেজ এই ধর্মযাজকটি ছিলেন অত্যন্ত নিরাকাঙ্ক্ষী। ক্লপরথ অন্য পথ ধরেছিলেন। যদিও তিনি গ্রেগরের বিবরণটি পড়েছিলেন, কিন্তু তৎক্ষণাৎ এটির অর্থ অনুধাবন করতে পারেননি। হাঙ্গেরী থেকে আনা খনিজে, 1795 খ্রিস্টাব্দে ক্লপরথ একটি নতুন মৌলের অক্সাইড পৃথক করতে পেরেছিলেন। বর্তমানে এই খনিজটি রুটাইল (TiO_2) নামে পরিচিত। ক্লপরথের পাওয়া অক্সাইড এবং গ্রেগরের পাওয়া মেনাসিন মৃত্তিকা প্রায় অভিন্ন বস্তু রূপে প্রতিপন্ন হয়েছিল। শীঘ্রই তিনি প্রতিপন্ন করেছিলেন যে, তিনি এবং গ্রেগর অভিন্ন মৌল আবিষ্কার করেছেন।

পৌরাণিক কাহিনী "টাইটানস" (Titans) থেকে জার্মান বিজ্ঞানী এই মৌলটির নাম "টাইটেনিয়াম" রাখেন। টাইটানরা ছিল পৃথিবীর দেবী "গে" (Ge)-এর পুত্রগণ। 1910 খ্রিস্টাব্দে বিশুদ্ধ ধাতব টাইটেনিয়াম প্রস্তুত করা হয়েছিল।

ক্রোমিয়াম

সাইবেরিয়াকে ক্রোমিয়ামের জন্মস্থান বলা যেতে পারে, সেটা আমরা পরে বুঝবো। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ক্রোকোয়াইট (crocoite) খনিজটি লাল

সীসার আকরিক বলে পরিচিত ছিল, যেটি এই অঞ্চলে পাওয়া যেত। অন্যান্য আরো অনেক ক্রোমিয়ামের খনিজ বহু পূর্ব থেকে জানা ছিল। এতে বিস্ময়ের কিছু ছিল না কারণ প্রাপ্তির প্রাচুর্যের দিক থেকে ক্রোমিয়াম ছিল অন্যতম মৌল (ওজনপরিমাণে ভূত্বকে ক্রোমিয়ামের প্রাচুর্য হলো 0.02%)। ধাতব ক্রোমিয়াম, এমনকি এর অক্সাইড প্রস্তুত করা সহজ ছিল না এবং সেইসময়ে একাজটা রসায়নবিদের সাধ্যের অতীত ছিল। ক্রোমিয়ামের যৌগগুলি যদিও রঙীন ছিল, শুধুমাত্র এই অদ্ভুত বিষয়টি ক্রোমিয়াম খনিজের দিকে বিজ্ঞানীদের প্রলুব্ধ করেনি।

কেবলমাত্র ব্যতিক্রম ছিল ক্রোকোয়াইট। 1766 খ্রিস্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী আই. লেহ্ম্যান (I. Lehmann) সর্বপ্রথম এটি বিশ্লেষণ করেন। এই সময় তিনি সেন্ট পিটার্সবার্গে থাকতেন। খনিজটিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগে তিনি পান্নার ন্যায় সুন্দর রঙের দ্রবণ পেয়েছিলেন। ক্রোকোয়াইটে অশুদ্ধি মিশ্রিত সীসা আছে — তাঁর এই সিদ্ধান্তটি ভ্রান্ত ছিল। এই অশুদ্ধি ক্রোমিয়াম হতে পারে, যেহেতু ক্রোকোয়াইট আসলে লেড ক্রোমেট ($PbCrO_4$)। আই. লেহম্যান খনিজটির উপাদানের গঠন নির্ধারণে আর এগোননি।

1770 খ্রিস্টাব্দে দ্বিতীয়বার ক্রোকোয়াইট গবেষণার বিষয় হয়েছিল যখন পিটার্সবার্গের শিক্ষাব্রতী পি. এস. পাল্লাস (P. S. Pallas) উরাল অঞ্চলের বেরজোভ (Berezov) খনিতে প্রাপ্ত খনিজের সম্বন্ধে বলেন, "প্রায় সিন্নাবারের মত দেখতে, সীসার এই খনিজটি বিভিন্ন রঙে পাওয়া যায়। এই ভারী খনিজটির কেলাসগুলি অসমাঙ্গ পিরামিড আকৃতি বিশিষ্ট এবং এগুলি ছোট চুনির ন্যায় কোয়ার্টজের গায়ে আটকিয়ে থাকে।

পি. এস. পাল্লাস ছিলেন পর্যটক, ভূগোলবিদ এবং খনিজবিদ, কিন্তু তিনি রসায়নবিদ ছিলেন না। পশ্চিম ইউরোপের পরীক্ষাগারগুলিতে তিনিই কিন্তু ক্রোকোয়াইটকে উপস্থিত করেন। বিখ্যাত রসায়নবিদ এল. ভায়ুকুইলিন (L. Vauquelin)-এর হাতে এই খনিজের নমুনা পড়েছিল। ক্রোকোয়াইট সম্বন্ধে আই. লেহম্যানের গবেষণা করার তিন শতক পার হয়ে যাবার পরও বিজ্ঞানীগণ বারংবার এটির গঠন নির্ণয় করতে চেষ্টা করেন, কিন্তু এটিতে নতুন কোন মৌল খুঁজে পেতে ব্যর্থ হন। পরস্পর বিরোধী ফলাফল পাওয়া গিয়েছিল। উদাহরণস্বরূপ — একজন বিশ্লেষণকারী বিবরণ দেন যে, সীসার এই আকরিকে মলিবডিক অ্যাসিড, নিকেল, কোবাল্ট, লোহা এবং

তামা আছে। ভায়কুইলিনও তাঁর প্রথম পরীক্ষায় ভুল করেন এবং ক্রোকোয়াইটে লেড ডাই অক্সাইড, লোহা ও অ্যালুমিনা পান।

1797 খ্রিস্টাব্দে এই ফরাসী বিজ্ঞানী ক্রোকোয়াইট নিয়ে বিশদ গবেষণা করতে মনঃস্থ করেন। ক্রোকোয়াইট সম্বন্ধে বিশ্লেষণে প্রাপ্ত পূর্বের সমস্ত ফলাফল ভায়কুইলিন ধাপে ধাপে বাতিল করেন এবং অবশেষে সিদ্ধান্ত করেন যে, ক্রোকোয়াইটে একটি নতুন মৌল আছে, যার ধর্ম অন্যান্য সকল ধাতু থেকে আলাদা।

এল. ভায়কুইলিন গুঁড়ো-করা ক্রোকোয়াইটকে পটাশিয়াম কার্বনেট সহযোগে ফুটিয়েছিলেন। লেড কার্বনেট ও হলুদ দ্রবণ উৎপন্ন হয়েছিল। বিজ্ঞানীর মতে এই হলুদ দ্রবণটি কোন অজ্ঞাত অ্যাসিডের পটাশিয়াম লবণ ছিল। বিভিন্ন বিকারক যোগের ফলে দ্রবণটিতে উজ্বল ও বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি হয়: মারকারী লবণ যোগের ফলে লাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। লেড লবণ যোগে হলুদ অধঃক্ষেপ এবং টিন ক্লোরাইড দ্রবণটির রং সবুজ করে। এই সকল ফলাফলের জন্য ভায়কুইলিনের দৃঢ় প্রত্যয় জন্মেছিল যে তিনি একটি নতুন মৌল নিয়ে কাজ করছেন। এর পরে খনিজটিকে অক্সাইডে পরিবর্তন করা অপেক্ষাকৃত সহজ হয়েছিল।

অনেক বছর দ. ই. মেন্ডেলেয়েভ তাঁর "রসায়নের নিয়মাবলী" (Principles of Chemistry)-তে লিখেছিলেন যে, উরাল অঞ্চলের লাল ক্রোমিয়াম আকরিক বা ক্রোমিয়াম লেড লবণ, ভায়কুইলিনকে ক্রোমিয়াম আবিষ্কারের সুযোগ করে দিয়েছিল। গ্রীক শব্দ "ক্রোমা" (chroma) মানে "রং" থেকে ভায়কুইলিন এই মৌলটির নাম রেখেছিলেন। কারণ ক্রোমিয়ামের যৌগগুলি উজ্জ্বল বর্ণের হয়। সত্যের খাতিরে আমাদের উল্লেখ করা উচিত যে, এই নতুন মৌলটির নাম "ক্রোমিয়াম" প্রস্তাব করেন ভায়কুইলিনেরর স্বদেশবাসী এ. ফোরক্রোয়ি (A. Fourcroy) এবং আর. হাউয়ে (R. Haüy)। ভায়কুইলিনের থেকে স্বতন্ত্রভাবে এবং প্রায় একই সময়ে এম. ক্লপরথ ক্রোকোয়াইটে নতুন মৌল আছে বলে প্রতিপন্ন করেন, তিনি কিন্তু এই ফরাসী বিজ্ঞানীর ন্যায় এত স্পষ্ট করে তা প্রমাণ করতে পারেননি।

বিশুদ্ধ ক্রোমিয়াম পাওয়ার অসংখ্য চেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল। এল. ভায়কুইলিন নিজেও একবার তৈরী করার চেষ্টা করেছিলেন, কিন্তু খুব সম্ভবত তিনি ক্রোমিয়াম কার্বাইড পেয়েছিলেন।

বিশিষ্ট রুশ ভূ-রসায়নবিদ এবং শিক্ষাব্রতী এ. ই. ফেস্‌র্মান (A. E. Fersman) তত্ত্বীয় ও ব্যবহারিক দিক থেকে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ এবং অসাধারণ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মৌলের অন্যতম বলে বেরিলিয়ামকে বর্ণনা করেন। নিজের গুণের ব্যাপারে বেরিলিয়াম কিন্তু আদৌ অসাধারণ মৌল নয়। এটি হলো বিশিষ্ট ধাতব গুণসম্পন্ন মৌল। যে ব্যাপারটি সত্যিই অসাধারণ তা হলো এই যে, বিভিন্ন ধর্মের অনুকূল মিলন (যেন প্রকৃতি ইচ্ছাপূর্বক করেছে)। রাসায়নিক মৌলের ইতিহাস এটির ধর্মের দ্বারা কিভাবে প্রভাবিত হয়, সেটা স্পষ্ট করে দেখিয়েছে বেরিলিয়াম। রাসায়নিক আচরণে ম্যাগনেশিয়াম থেকে অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বেরিলিয়ামের অনেক বেশী সাদৃশ্য আছে (পর্যায় সারণীতে কর্ণ (diagonal) স্থানে অবস্থিত মৌল), যদিও ম্যাগনেশিয়াম বেরিলিয়ামের সঙ্গে একই পর্যায় শ্রেণীতে আছে। এই কারণে অনেক দিন পর্যন্ত প্রাকৃতিক খনিজে অ্যালুমিনিয়াম বেরিলিয়ামকে (জার্কোনিয়ামকেও) আড়াল করে রেখেছিল।

বেরিলিয়ামের উভধর্মী প্রকৃতি হওয়ায়, বহু দিন যাবৎ যথেষ্ট বিশুদ্ধ অবস্থায় বেরিলিয়াম যৌগগুলি প্রস্তুতির সকল প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল। এর ফলে, মৌলটির বিভিন্ন ধর্ম, বিশেষ করে যোজ্যতা ও পারমাণবিক ভর ভুলভাবে নির্ধারিত হয়েছিল। যার জন্যে, বহু দিন ধরে পর্যায় সারণীতে বেরিলিয়ামের অবস্থানটি সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায় নি। বেরিলিয়ামের যোজ্যতা দুই এবং এটির অক্সাইডের সংকেত BeO এবং পারমাণবিক ভর 9·01 যখন সন্দেহাতীতভাবে প্রতিষ্ঠিত হয়, কেবলমাত্র তার পর এটিকে পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর সবচেয়ে ওপরের ঘরে চিরকালের জন্যে রাখা হয়। রুশ বিজ্ঞানী আই. ভি. অ্যাভডিভ (I. V. Avdeev)-এর এব্যাপারে যথেষ্ট অবদান আছে।

বেরিলগুলি এবং পান্না দামী পাথর হিসেবে অনেকদিন আগে থেকে জানা আছে এবং বেরিলিয়াম খনিজের ইতিহাসটি তখন থেকে আরম্ভ হয়েছে।

বার্লিনের অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস (Academy of Sciences)-এর রসায়নের অধ্যাপক এফ. আচার্ড (F. Achard) 1779 খিস্টাব্দে বেরিলগুলিকে নিয়ে গবেষণায় অন্যতম প্রথম ব্যক্তি ছিলেন। এর কিছু পূর্বে বিট থেকে চিনির শিল্পোৎপাদনের কৌশল উদ্ভাবনের জন্যে তিনি

বিখ্যাত হয়েছিলেন। এই জার্মান বিজ্ঞানী ছটা বিশ্লেষণ সম্পন্ন করেন। বর্তমান ধারায় তাঁর পাওয়া ফলাফলের পুনর্গণনায় দেখা যায় যে, 21.7% সিলিকন অক্সাইড, 60.05% অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইড, 5.02% আয়রণ অক্সাইড এবং 8.3% ক্যালসিয়াম অক্সাইড বেরিলে আছে। এতে 95.07% মোট হিসেবে পাওয়া যায়, অবশিষ্ট প্রায় 5% অনুপস্থিত। এফ. আচার্ড এ ব্যাপারে কোন মন্তব্য করেন নি।

1785 খিস্টাব্দে জে. বিন্ধহেইম (J. Bindheim) প্রায় একই ফলাফল পেয়েছিলেন: এক্ষেত্রে উপাদানগুলির মোট পরিমাণ দাঁড়ায় 101%। অতএব বেরিলের ব্যাপারে বিশেষ কিছু জানা যায় নি। ইউরেনিয়াম, টাইটেনিয়াম এবং জার্কোনিয়াম আবিষ্কার করে ইতিমধ্যে যিনি নিজেকে বিশিষ্ট বিশ্লেষক রূপে প্রমাণ করেছিলেন, সেই ক্লপরথ 1797 খিস্টাব্দে রুশ রাস্ট্রদূত ও লেখক ডি. গোলিটসিন (D. Golitsyn)-এর কাছ থেকে পেরুডিয়ান পান্নার কতকগুলি নমুনা পান এবং ক্লপরথ সেগুলি বিশ্লেষণ করেন। কিন্তু তিনি কোনভাবেই 100 ভাগ মেলাতে পারিননি (66.25% সিলিকা, 31.25% অ্যালুমিনা, 0.5% আয়রন অক্সাইড — মোট 98%)। বিজ্ঞানী জানতেন না কোথায় এই 2% অদৃশ্য হলো এবং এটা ব্যাখ্যা করতেও চেষ্টা করেননি। দুর্ভাগ্যের কথা, তিনি চতুর্থ মৌলের আবিষ্কারটি নিজের, তালিকায় অন্তর্ভুক্ত করতে পারেননি।

এই সময় ফ্রান্সে এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন নামে অপর একজন বিশ্লেষক কাজ করেছিলেন, যিনি ক্লপরথের থেকে কোন অংশে কম দক্ষ ছিলেন না। বেরিল ও পান্নাগুলি নিয়ে 1793 খিস্টাব্দ থেকে তিনি গবেষণা শুরু করেন। ভ্যায়ুকুয়েলিন সাধারণ উপাদান (সিলিকা, অ্যালুমিনা, লাইম ও আয়রন অক্সাইড) ছাড়া অন্য কিছু পাননি। পরে ভ্যায়ুকুয়েলিন স্মৃতিচারণে বলেছিলেন, নতুন বস্তুকে সনাক্ত করা যে কত কঠিন, যখন এটির ধর্মের ইতিমধ্যে জানা কোন পদার্থের ধর্মের সঙ্গে সাদৃশ্য থাকে। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও অজ্ঞাত বেরিলিয়ামের অক্সাইডের মধ্যে খুব কাছাকাছি সাদৃশ্যের কথা বিজ্ঞানী বুঝিয়েছেন।

ঘটনা কিছুটা বুঝতে পারার জন্যে, ভ্যায়ুকুয়েলিনকে আমরা বেরিলিয়ামের প্রকৃত আবিষ্কারক বলবো। আবিষ্কারের যুক্তিটা সরল ছিল না, তবু এতে নিঃসন্দেহে বিজ্ঞানীর প্রতি সুবিচার করা হয়েছিল। তিনি এই ভাবে, যুক্তি দাঁড় করেছিলেন যে উপাদানের গঠন এবং কেলাসের আকৃতিতে বেরিল ও পান্না প্রায় অভিন্ন। কেলাসের আকৃতি সম্পূর্ণভাবে

অভিন্ন, কিন্তু গঠন কেমন ছিল? ভ্যায়্কুয়েলিনের পূর্বসূরিগণ উভয় খনিজে অভিন্ন উপাদান (অ্যালুমিনা, সিলিকা এবং চুন) লক্ষ্য করেছিলেন, যদিও খনিজগুলিতে উপাদানগুলির পরিমাণে পার্থক্য ছিল।

প্রথম পরীক্ষাগুলি অসফল হওয়ার পর, উপাদানের পরিমাণে কেন এত পার্থক্য হয়, তা দেখতে ভ্যায়্কুয়েলিন মনঃস্থ করেন। হতে পারে যে, এই খনিজগুলিতে "এমন কিছু" আছে যা বিক্রিয়াকালে হারিয়ে যায় বা বিশিষ্ট ভাবে বলতে গেলে "এমন কিছু" যেটি কোন একটি উপাদানের "আড়ালে লুকিয়ে" থাকে (যেমন অ্যালুমিনা)।

ভ্যায়্কুয়েলিনের মানসিকভাবে কিছুটা সুবিধে ছিল। 1797 খ্রিস্টাব্দে তিনি ক্রোমিয়াম আবিষ্কার করেন, যেটি পান্নাকে সবুজাভ রং প্রদান করে এবং এটি বেরিলে অনুপস্থিত। অতএব, বেরিল ও পান্নার মধ্যে পার্থক্যটা প্রতিষ্ঠিত সত্য। কিন্তু এই পার্থক্যের জন্যে কেবলমাত্র ক্রোমিয়ামকে দায়ী করা যায় না। 1798 সালের 14 ফেব্রুয়ারী দিনটি বেরিলিয়ামের জন্মদিন বলে ধরা উচিত। এই দিনে ভ্যায়্কুয়েলিন প্যারিসের "অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস"-এ "আকুয়ামেরিন বা বেরিল এবং এই খনিজে নতুন মৃত্তিকার আবিষ্কার সম্বন্ধে" (About Aquamarine, or Beryl, and the Discovery of a New Earth in this Mineral) নামে একটি বিবরণ জমা দেন। তিনি শ্রোতাদের বলেন, কেমন করে তিনি পাঁচটা বিশ্লেষণ করেন এবং নতুন মৃত্তিকার উপস্থিতিটার সম্বন্ধে কেমন করে উত্তরোত্তর নিঃসন্দেহ হয়েছিলেন। তার প্রথম ফলাফলটা এই রকম ছিল:

বেরিল — 69 ভাগ সিলিকা, 21 ভাগ অ্যালুমিনা, 8—9 ভাগ লাইম (চুন) এবং $^3/_2$ ভাগ আয়রন অক্সাইড;

পান্না — 64 ভাগ সিলিকা, 29 ভাগ অ্যালুমিনা, 2 ভাগ লাইম, 3-4 ভাগ ক্রোমিয়াম অক্সাইড এবং 1-2 ভাগ জল।

এটা স্বজ্ঞাত শক্তি না অন্যকিছু, যাই হোক না কেন, ভ্যায়্কুয়েলিন উভয় ক্ষেত্রে অ্যালুমিনাতে অশুদ্ধি আছে বলে সন্দেহ করেছিলেন। অ্যালুমিনার সঙ্গে এটির এত সাদৃশ্য ছিল যে এটিকে সনাক্ত করা বরং একটু কঠিন ছিল। এই অশুদ্ধি (নতুন মৃত্তিকা) অ্যালুমিনিয়ামের মত ফিটকারী গঠন করতে পারে না, এই ব্যাপারটা আবিষ্কার করতে বিশ্লেষকের অসামান্য স্বজ্ঞাত হওয়ার শক্তিটি বিজ্ঞানীকে যথেষ্ট সাহায্য করেছিল। পরে তিনি অন্যান্য পার্থক্যও লক্ষ্য করেছিলেন। পার্থক্যের চেয়ে সাদৃশ্যটাই বেরিলিয়ামকে অ্যালুমিনিয়ামের আড়ালে লুকিয়ে রাখতে সফল হয়েছিল।

ভ্যায়কুয়েলিন মনে করেছিলেন যে, বেরিলিয়াম মৃত্তিকা যদি অ্যালুমিনা না হয়, তবে এটি জ্ঞাত মৃত্তিকার মধ্যে পড়বে না। কারণ এটির অ্যালুমিনার অপেক্ষা অন্যগুলির সঙ্গে অনেক বেশী পার্থক্য আছে। ভ্যায়কুয়েলিন এই নতুন মৌলটির নাম "গ্লুসিনিয়াম" (সংকেত Gl) রাখার প্রস্তাব করেন, যেটি গ্রীক শব্দ গ্লাইকেস (glykys) থেকে উদ্ভূত হয়েছে, যার মানে "মিষ্টি"।

আকর্ষণীয় ঐতিহাসিক বিবরণ হিসেবে আমরা উল্লেখ করতে চাই যে ভ্যায়কুয়েলিন অ্যাল্টাইয়ান বেরিল (Altaian beryl) বিশ্লেষণ করেছিলেন, সেটি ফরাসী খনিজবিদ এবং পর্যটক ই. পাট্রেন (E. Patren) তাঁকে উপহার দিয়েছিলেন।

গটিনগেনের রসায়নের অধ্যাপক এবং জার্মান রসায়নবিদ আই. গ্মেলিন (I. Gmelin) ভ্যায়কুয়েলিনের আবিষ্কারকে দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন করেন। তিনি নের্চিংস্ক (Nerchinsk) থেকে পাওয়া সাইবেরিয়ান বেরিল বিশ্লেষণ করেন এবং ভ্যায়কুয়েলিনের মত একই সিদ্ধান্ত করেন। 1828 খ্রিস্টাব্দে বেরিলিয়াম ক্লোরাইডের ওপর পটাশিয়ামের বিক্রিয়ায়, এফ. ভেলোর (F. wohler) এবং ই. বুসি (E. Bussy) ধাতব বেরিলিয়াম প্রস্তুত করেন। এটি হয়েছিল বেরিলিয়াম আবিষ্কারের ত্রিশ বছর পর।

নায়োবিয়াম এবং ট্যান্টালাম

এই দুটি মৌলের প্রাথমিক ইতিহাস একে অপরটির সঙ্গে এমনভাবে জড়িয়ে আছে যে, এদুটিকে আলাদাভাবে বিবেচনা করার কোন মানে হয় না। 1801 সালের 26 নভেম্বর এদুটির সাধারণ যৌথ ইতিহাস আরম্ভ হয়েছে, যখন রয়েল সোসাইটির অধিবেশনে চ. হ্যাটচেট (Ch. Hatchett) একটি নতুন মৌলের আবিষ্কারের বিবরণ পেশ করেন। এই ধরনের আলাপ আলোচনার আবেগ বা উত্তেজনা অনেক দিন আগেই শেষ হয়ে গিয়েছিল। "উত্তর আমেরিকা থেকে পাওয়া এবং অজ্ঞাত ধাতু সমন্বিত খনিজের বিশ্লেষণ" (Analysis of a Mineral from North America Containing an Unknown Metal) নামে হ্যাট্চেটের গবেষণাপত্রটি সাধারণভাবে নেওয়া হয়েছিল। এটা সত্যি যে হ্যাট্চেট খনিজটিকে নতুন পৃথিবী (New World) থেকে পাননি, অনেক কাছের জায়গা ব্রিটিশ মিউজিয়াম থেকে পেয়েছিলেন। যাদুঘরের তালিকায় খনিজটির বর্ণনা আছে,

"মাসাচুসেটের উইনটর্প কর্তৃক যাদুঘরে পাঠানো কালো আকরিক" (a black ore sent to the Museum by Witrop from Massachusetts)।

প্রথমে হ্যাট্‌চেট ধরে নিয়েছিলেন যে এক বিশেষ ধরনের সাইবেরিয়ান ক্রোমিয়াম আকরিক তাঁর গবেষণার বিষয়বস্তু এবং এটির থেকে ক্রোমিক অ্যাসিড বার করতে চেষ্টা করেন। কিন্তু ব্যাপারটা অন্য পথে মোড় নিয়েছিল। এখন এটা জানা যে, মাসাচুসেট থেকে পাওয়া খনিজে একাধিক বিভিন্ন ধাতু আছে এবং এটির থেকে নতুন মৌল নিষ্কাশন তত সোজা ছিল না। খনিজটিতে ক্রোমিয়াম ছিল না এবং হ্যাট্‌চেট সিদ্ধান্ত করেছিলেন যে তিনি যে যৌগটি পেয়েছিলেন সেটা ক্রোমিক অ্যাসিড নয়, কিন্তু অন্য কোন অজ্ঞাত ধাতুর অক্সাইড ছিল। যেখানে এই খনিজটি পাওয়া গিয়েছিল সেই স্থানের সম্মানার্থে ইংরেজ এই বিজ্ঞানী খনিজটির নাম দেন "কলম্বাইট" (colombit) (আমেরিকার পূর্বের নাম কলম্বিয়া, যেটা কলম্বাসের থেকে হয়েছিল)। এই খনিজটি থেকে পাওয়া মৌলটির নাম রাখা হয়েছিল "কলম্বিয়াম"। এক বছর পরে 1802 খ্রিস্টাব্দে একটি ঘটনার জন্যে কলম্বিয়ামের এই মামুলি আবিষ্কারের ওপর কিছু উৎসাহ সৃষ্টি হয়েছিল। 1802 খ্রিস্টাব্দে ডিসেম্বর মাসে এ. একবার্গ (A. Ekeberg) নামে এক সুইডিশ রসায়নবিদ ইটারবুল (Itterbul) নামে এক গ্রামের থেকে পাওয়া খনিজগুলিকে বিশ্লেষণ করেন এবং একটি নতুন মৌলের অক্সাইডের আবিষ্কার বর্ণনা করেন। সাদা রঙের এই অক্সাইড পদার্থটি প্রচুর পরিমাণে তীব্র অ্যাসিডেও দ্রবীভূত হয় না।

অক্সাইডটিকে দ্রবীভূত করার সমস্ত চেষ্টা ব্যর্থ হওয়ায় একবার্গ এই নতুন মৌলটির নাম রাখেন ট্যান্টালাম। এটি এসেছে "ট্যান্টালাসের যন্ত্রণা" (torments of Tantalus) থেকে, যার মানে ব্যর্থ প্রচেষ্টা। খনিজটির নাম রাখা হয় "ট্যান্টালাইট"। একটি নতুন মৌল আবিষ্কার করেছেন বলে একবার্গ খুবই নিঃসন্দেহ ছিলেন এবং তাঁর এই দৃঢ় প্রত্যয়ে অন্যান্য বিজ্ঞানীরা অংশীদার ছিলেন। ইংরেজ রসায়নবিদ ভি. ওল্লাসটন (V. Wollaston)-এর ফলাফল ছিল চমকপ্রদ এবং 1809 খ্রিস্টাব্দে তিনি ঘোষণা করেন যে, কলম্বিয়াম ও ট্যান্টালামের মধ্যে কোন প্রভেদ নেই এবং দুটোই এক এবং অভিন্ন মৌল। এই দুটি মৌলের অক্সাইডগুলির ঘনত্ব অভিন্ন এবং এর জন্যে ওল্লাসটন মনে করেছিলেন যে এদের রাসায়নিক ধর্মগুলিও অভিন্ন। তাঁর গবেষণা নিবন্ধের নাম ছিল "কলম্বিয়াম ও

ট্যাণ্টালামের পরিচয় বিষয়ে'' (On the Idenity of Columbium and Tantalum)। এর মানে একবার্গ কলম্বিয়ামকে পুনর্বার আবিষ্কার করেন এবং হ্যাট্‌চেটের আবিষ্কারকে সমর্থন করেন।

বার্জিলিয়াস কিন্তু অন্য ধারণা পোষণ করতেন। একবার্গের দেওয়া এই নতুন মৌলটির নাম ট্যাণ্টালামকে তিনি সমর্থন করেন এবং বিশ্বাস করতেন যে ইংরেজ ও সুইডিশ রসায়নবিদদ্বয়ের নাম ইতিহাসে অবশ্যই থাকবে। 1814 সালে বসন্তকালে বার্জিলিয়াস স্কটিশ রসায়নবিদ থ. থমসন (Th. Thomson) কে একটি ব্যক্তিগত চিঠিতে জানান যে হ্যাট্‌চেটের অবদানকে তিনি কোনমতেই ছোট করতে চাননা, কিন্তু এটা উল্লেখ করা তাঁর কর্তব্য বলে মনে করেন যে, একবার্গের কাজের আগে ট্যাণ্টালাম এবং এটির অক্সাইডের ধর্ম প্রায় অজানা ছিল। বার্জিলিয়াস মনে করেছিলেন যে হ্যাট্‌চেটের পাওয়া কলম্বিক অ্যাসিডটি অক্সাইড ও টাংষ্টিক অ্যাসিডের মিশ্রণ, কিন্তু শীঘ্রই এটা স্পষ্ট হলো যে, কলম্বাইটে টাংস্টেন নেই।

তিন দশক পরে বার্জিলিয়াসের ছাত্র এইচ. রোজ (H. Rose) এই বিতর্কের চিরতরে অবসান ঘটান। তিনি প্রমাণ করেন যে, 'ট্যাণ্টালাম ও কলম্বিয়াম অভিন্ন বস্তু নয়। অতএব হ্যাট্‌চেট ও একবার্গ দুজনে দুটো ভিন্ন মৌল আবিষ্কার করেন।

দুটি বিভিন্ন সঞ্চয় থেকে পাওয়া কলম্বাইট এবং এবং ট্যাণ্টালাইট আকরিকগুলিকে রোজ বিশ্লেষণ করেন। প্রতিবারই তিনি লক্ষ্য করেন যে, ট্যাণ্টালামের সঙ্গে সব সময় অন্য একটি মৌল অবস্থান করে যার ধর্ম ট্যাণ্টালামের প্রায় অনুরূপ। রোজ অজ্ঞাত বস্তুটির নামকরণ করেন নায়োবিয়াম (ট্যাণ্টালাসের মেয়ের নাম ছিল নায়োবে (Niobe))। 1845 খ্রিস্টাব্দের গ্রীষ্মকালে তিনি হ্যাট্‌চেটের গবেষণা করা খনিজের অনুরূপ খনিজ নিয়ে পুনরায় গবেষণা করেন এবং এটির থেকে নায়োবিয়াম অক্সাইড আবিষ্কার করেন, যেটি কলম্বিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে অভিন্ন ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছিল।

অবশেষে এই বিভ্রান্তির অবসান হয়। এটা হয়েছিল কারণ নায়োবিয়াম এবং ট্যাণ্টালামের ধর্মের যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে এবং কলম্বাইট ও ট্যাণ্টালাইট সবসময় একসঙ্গে পাওয়া যায়। আসলে ব্যাপারটা হলো এই যে, হ্যাট্‌চেট ও একবার্গ প্রায় একই সময় এই দুটি মৌল আবিষ্কার করেন এবং এই দুই মৌলের মধ্যে কোন পার্থক্য খুঁজে পাননি। হ্যাট্‌চেটের গবেষিত খনিজে নিঃসন্দেহে নায়োবিয়াম (কলম্বিয়াম) বেশী পরিমাণে ছিল। অতএব,

নায়োবিয়াম ও ট্যাণ্টালামের পৃথকীকরণ পদ্ধতি উদ্ভাবনটি ছিল এই দুটি মৌলের জীবনকথার সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য ঘটনা। 1865 খ্রিস্টাব্দে সুইস রসায়নবিদ জে. সি. গেলিসার্ড ডি মেরিগন্যাক (J. C. Galissard de Marignac) এই কাজটি সম্পাদন করেন। তিনি লক্ষ্য করেছিলেন যে পটাশিয়াম ফ্লুয়োট্যাণ্টালেট এবং পটাশিয়াম ফ্লুয়োনায়োবেটের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্যতার পার্থক্য আছে। ঐ একই বছর ডি মেরিগন্যাক সর্বপ্রথম নায়োবিয়াম ও ট্যাণ্টালামের সঠিক পারমাণবিক ভর নির্ণয় করেন। অনেক বিজ্ঞানী এই দুটি মৌলকে বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করতে চেষ্টা করেন কিন্তু নিয়মানুযায়ী, দুটি মিশে গিয়ে অবিশুদ্ধ ধাতুতে পরিণত হয়। বিংশ শতাব্দীর আরম্ভের সময় আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের ডবলু, ভন বোলটেন (W. von Bolten) নায়োবিয়াম ও ট্যাণ্টালামকে 99%-এর অধিক বিশুদ্ধতায় প্রস্তুত করতে সক্ষম হন।

প্ল্যাটিনাম ধাতুসমূহ

প্ল্যাটিনাম ধাতুসমূহের (রুথেনিয়াম, রোডিয়াম, প্যালাডিয়াম, অসমিয়াম, ইরিডিয়াম ও প্ল্যাটিনাম) ইতিহাসটি, এই সব মৌলের গবেষণায় রাসায়নিক মৌলের আবিষ্কারের মিথ্যেগল্পে ভরা ছিল। কারণ প্ল্যাটিনাম এবং এর সহমৌলগুলি সম্বলিত প্রাকৃতিক আকরিকগুলির গবেষণাতে প্রচুর ঝামেলা ছিল। প্রকৃত আবিষ্কারের পূর্বে যে প্ল্যাটিনাম ধাতুকে মানুষ জানতো, তাতে একাধিক অশুদ্ধি উপস্থিত ছিল। প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির মধ্যে প্রাচুর্যের দিক থেকে প্যালাডিয়ামের পরের স্থানে আছে প্ল্যাটিনাম ধাতু। বিভিন্ন সঞ্চয় থেকে প্রাপ্ত খনিজে প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির পরিমাণের মধ্যে যথেষ্ট হেরফের হতে পারে। অতএব, প্ল্যাটিনাম এবং এটির সমগোত্রীয় ধাতুগুলির ইতিহাসে অনেক অপ্রত্যাশিত ঘটনা থাকতে পারে এবং অনেকগুলি এখনও পর্যন্ত অস্পষ্ট। প্ল্যাটিনাম আবিষ্কারের দিনটা বরং একটু অস্পষ্ট। অনেকদিন পর্যন্ত এটি স্পষ্ট ছিল না যে কতগুলি প্ল্যাটিনাম ধাতু থাকতে পারে। প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য থাকায় অনেক ক্ষেত্রে বিভ্রান্তি সৃষ্টি হয়েছিল। ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথম দিকে রাসায়নিক বিশ্লেষণের প্রভূত উন্নতি হওয়ায় প্যালাডিয়াম, রোডিয়াম, অসমিয়াম ও ইরিডিয়াম— এই চারিটি প্ল্যাটিনাম ধাতু আবিষ্কৃত হয়েছিল। কোন অপ্রত্যাশিত ঘটনা

খুব সম্ভবত প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলিকে আগে আবিষ্কার করতে বাদ সেধেছিল, অন্তত অধিক প্রাচুর্য বিশিষ্ট প্যালাডিয়াম ধাতুটির ক্ষেত্রে।

প্ল্যাটিনাম

প্ল্যাটিনাম গোষ্ঠীয় ধাতুগুলির মধ্যে প্ল্যাটিনামই সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয়। 1748 সালটি এর জন্ম তারিখ বলে মনে হয়। কিন্তু এটাই কি সত্যিকারের তারিখ?

প্রাচীন গ্রীক ও রোমানগণ "ইলেক্ট্রাম" নামে একটি সংকর ধাতুর উল্লেখ করেছেন এবং কিছু বিজ্ঞানী এটিকে প্ল্যাটিনাম বলে সনাক্ত করেছেন। অন্যরা মনে করেন যে, "ইলেক্ট্রাম" মিশরীয় সংকর ধাতু ছিল, যেটিতে সোনা ও রুপো ছিল। গ্যালিসিয়া ও পর্তুগালের বালিতে ভারী সাদা রঙের বস্তু পাওয়া গিয়েছিল বলে প্লিনি দি এল্ডার বর্ণনা করেছেন, কিন্তু খুব সম্ভবত এটি টিনের আকরিক ছিল। রাণী শাপেনাপিট (Queen Shapenapit)-এর সমাধিতে (খ্রিস্টপূর্ব সপ্তম শতাব্দী) প্ল্যাটিনামের তৈরি একটি বাক্স পাওয়া গিয়েছিল।

1557 খ্রিস্টাব্দে ইটালির বিজ্ঞানী জি. স্ক্যালিজার (G. Scaliger) দক্ষিণ আমেরিকায় একটি নতুন সাদা রঙের ধাতুর আবিষ্কারের কথা বলেন। এটাই ছিল প্ল্যাটিনামের সর্বপ্রথম স্পষ্ট উল্লেখ।

আরো দুশো বছর পার হয়ে গিয়েছিল। এর পর "দি প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" স্পেনিস উপনিবেশে একটি অভিযান পাঠিয়েছিল। ডন. অ্যাণ্টোনিয়ো ডি. ইউলোয়া (Don Antonio de Ulloa) নামে এক যুবক লেফটেন্যাণ্ট এই অভিযাত্রী দলে ছিলেন। নিরাপদে ফিরে আসার পর "দক্ষিণ আমেরিকা ভ্রমণ সম্বন্ধে ঐতিহাসিক বিবরণ" (Historical Report about the Trip to South America) নামে একটি বই তিনি লেখেন। সেটি মাদ্রিদ থেকে 1748 খ্রিস্টাব্দে প্রকাশিত হয়। তিনি লিখেছেন যে চোকো (Choko) অঞ্চলে তিনি অনেক সোনার খনি দেখেছিলেন, এগুলির মধ্যে অনেক খনির আকরিকে বেশী পরিমাণে প্ল্যাটিনাম থাকায় খনিগুলি পরিত্যক্ত হয়েছিল। এ. ইউলোয়া প্রথম লক্ষ্য করেন যে এই ধাতুর গলনাঙ্ক খুব বেশী ছিল এবং আকরিক থেকে এটিকে নিষ্কাশন করা খুবই কঠিন ছিল। এর দুবছর পর ইংরেজ রসায়নবিদ

ডবল্ ওয়াটসন (W. Watson) এবং ব্রাউনরিগ নতুন ধাতু নিয়ে গবেষণা করতে সঙ্কল্প করেন এবং প্রথম এটির বিজ্ঞানভিত্তিক বর্ণনা দেন। 1750 সালের নভেম্বর মাসে ওয়াট্সন "প্ল্যাটিনো ডেল পিন্টো" (platino-del-pinto) নামে একটি নতুন ধাতুর আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করেন, যেটি তখনও পর্যন্ত খনিজবিদদের অজানা ছিল।

নতুন ধাতুটির সম্বন্ধে আরো গবেষণা করতে এই কাজটি অনুপ্রাণিত করেছিল। 1752 খ্রিস্টাব্দে সুইস রসায়নবিদ এইচ. সেফের (H. Sheffer) প্ল্যাটিনাম বা সাদা সোনার সম্বন্ধে তাঁর গবেষণা প্রবন্ধে বিস্তারিত বিবরণ প্রকাশ করেন। এর পর এই ধরনের আরো অনেক গবেষণা নিবন্ধ প্রকাশিত হয়েছিল। এগুলির মধ্যে দুটি বিশেষ করে আকর্ষণীয় ছিল। 1772 খ্রিস্টাব্দে সি. ভন. সিক্কিন্জেন (C. von Sickingen) প্ল্যাটিনামের ধর্মের সম্বন্ধে গভীরভাবে গবেষণা করেন। তিনি প্ল্যাটিনামের সঙ্গে রুপো ও সোনার সঙ্কর ধাতু প্রস্তুতের চেষ্টা করেছিলেন, অম্লরাজে এটির দ্রাব্যতা লক্ষ্য করেন এবং যেটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ তা হলো এই যে, তিনই প্রথম ব্যক্তি যিনি দ্রবণ থেকে প্ল্যাটিনামকে অধঃক্ষিপ্ত করতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করেন। প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির গবেষণার ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়াটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল। কিন্তু তাঁর পাওয়া ফলাফল 1782 খ্রিস্টাব্দের আগে প্রকাশিত হয়নি।

দ্বিতীয় পর্যায়ে গবেষণার ক্ষেত্রে পি. চাবানেন (P. Chabanean)-এর নাম জড়িত ছিল। বিভিন্ন সঞ্চয় থেকে পাওয়া প্ল্যাটিনামের ওপর পরীক্ষায় প্রাপ্ত পরস্পরবিরোধী ফলাফলের ওপর তিনিই প্রথম নজর দেন। এর পেছনে একটিই ব্যাখ্যা আছে তা হলো এই যে, চাবানেন বিশুদ্ধ প্ল্যাটিনাম ধাতু নিয়ে কাজ করেন নি ,সেটি ছিল দুইটি মৌলের মিশ্রণ, যাকে প্ল্যাটিনাম ধাতুসমূহ বলে এবং যেটি তখনও অনাবিষ্কৃত ছিল। যেমন অসমিয়ামের অনুপস্থিতিতে প্ল্যাটিনাম অনুদ্বায়ী ও অদাহ্য পদার্থ, কিন্তু অসমিয়ামের উপস্থিতিতে সঙ্কর ধাতুটি উদ্বায়ী ও দাহ্য হয়।

অতএব প্ল্যাটিনামের আবিষ্কারের সঠিক তারিখ কোনটি? সঠিক নামে ভূষিত হবার পূর্বে ধাতুটিকে অনেক পথ অতিক্রম করতেই হয়েছিল। 1750 সালটি প্ল্যাটিনামের ইতিহাসে একটি বিশেষ দিক সূচিত করে বলে মনে হয়: এই বছরে এটি বিশেষভাবে গবেষিত হয় এবং বিশদভাবে বর্ণিত হয়।

সপ্তদশ শতাব্দীর শেষের আগে, প্রকৃতিতে অবস্থিত এক অদ্ভুত সংকর ধাতুর সঙ্গে ব্রাজিলিনায় খনি-কর্মীদের প্রায়ই সাক্ষাৎ মিলতো। এটির অনেক নাম ছিল এবং এতে সোনা ও রূপো আছে বলে মনে করা হতো। সম্ভবত এটি প্ল্যাটিনাম ও সোনার সংকর ধাতু ছিল। ইংরেজ রসায়নবিদ ওল্লাসটোন (W. Wollaston)-এর গবেষণার ফলে 1803 খ্রিস্টাব্দে প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির দ্বিতীয় সদস্যের প্রকৃত আবিষ্কার সম্ভব হয়েছিল। অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনামের গবেষণায় তিনি এটিকে অম্লরাজে দ্রবীভূত ও অতিরিক্ত অ্যাসিডকে দূর করেন এবং এতে মারকারী সায়ানাইড দ্রবণ যোগ করেন। এতে হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়। সোহাগা ও গন্ধক সহযোগে এই দ্রবণকে উওপ্ত করে উজ্জ্বল গোলাকার ধাতু প্রস্তুত করেছিলেন। জ্যোতির্বিজ্ঞানী অলবারস (W.Olbers) কর্তৃক এক বছর আগে আবিষ্কৃত গ্রহাণুর নামানুসারে ওল্লাসটোন এই মৌলটির নাম রাখেন প্যালাডিয়াম। ওল্লাসটোনের সফল হওয়ার অন্যতম প্রধান কারণ হলো এই যে, প্যালাডিয়ামকে অধঃক্ষিপ্ত করার জন্যে তিনি একটি উপযুক্ত বিকারক পেয়েছিলেন, যেটি ছিল মারকারী সায়ানাইড। এই বিকারকটি অন্যান্য প্ল্যাটিনাম গোষ্ঠীয় ধাতুগুলিকে অধঃক্ষিপ্ত করতে পারে না।

এক অদ্ভুত উপায়ে প্যালাডিয়ামের আবিষ্কারটি প্রচার পেয়েছিল। "জার্নাল অব কেমিক্যাল এডুকেশন" (Journal of Chemical Education)-এ 1804 খ্রিস্টাব্দে আইরিশ রসায়নবিদ আর. চেনেভিক্স (R. Chenevix) নামে এক যুবক "নতুন মৌল বিক্রি" বলে একটি বিজ্ঞাপন দেন, সেটি প্ল্যাটিনাম ও পারদের (মারকারী) সংকর ধাতু ছিল। স্বভাবত, ওল্লাসটোনের অন্য ধারণা ছিল এবং তিনি তাঁর আবিষ্কারকে সমর্থন করেন। "অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনামে প্রাপ্ত একটি নতুন মৌলের সম্বন্ধে" (On a New Metal Found in Crude Platinum) শীর্ষক একটি প্রবন্ধে "বিক্রি"র তলায় দাগ দিয়ে বলেছিলেন যে এটি হলো প্যালাডিয়াম মৌল, যেটি প্ল্যাটিনামের আকরিকে অল্প পরিমাণ উপস্থিত থাকে।

সমসাময়িক অনেক বিজ্ঞানী (যাদের মধ্যে ভ্যায়ুকুয়েলিনও ছিলেন) ওল্লাসটোনের অবদানকে মহামূল্যবান বলে মনে করেছিলেন, এর পরে তিনি অন্যতম প্ল্যাটিনাম গোষ্ঠীয় ধাতু রোডিয়াম আবিষ্কার করেন। প্রাপ্তির দিক থেকে প্ল্যাটিনাম গোষ্ঠীয় ধাতুগুলির মধ্যে সবচেয়ে বেশী পাওয়া যায়

প্যালাডিয়াম। এই কারণে প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির মধ্যে এটি সর্বপ্রথম নিষ্কাশিত করা হয়। এছাড়াও, ওল্লাসটোন 1809 খ্রিস্টাব্দে প্রমাণ করেন যে এই মৌলটি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। 1825 খ্রিস্টাব্দে এ. হামবোল্ড্ট (A. Humboldt) ও এটি প্রমাণ করেন (উরাল অঞ্চলের প্ল্যাটিনাম উৎসটি আবিষ্কারের পূর্বে ব্রাজিলিয়ান প্ল্যাটিনাম আকরিকই ছিল এটির একমাত্র উৎস)।

রোডিয়াম

1803 খ্রিস্টাব্দে, প্যালাডিয়ামের আবিষ্কারটি রোডিয়াম আবিষ্কারে সহায়তা করেছিল, তারমানে প্যালাডিয়ামের খবর ব্যাপকভাবে প্রচারিত হওয়ার আগে।

দক্ষিণ আমেরিকায় পাওয়া অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনামটি রোডিয়ামের একটি উৎস ছিল। ওল্লাসটোন যে আকরিক থেকে প্যালাডিয়াম আবিষ্কার করেছিলেন, এটি তার সঙ্গে অভিন্ন ছিল কিনা তা জানা নেই। কিছু পরিমাণ অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনামকে অম্লরাজে দ্রবীভূত করে, অতিরিক্ত অ্যাসিডকে ক্ষার দিয়ে প্রশমিত করে ওল্লাসটোন প্রথমে অ্যামোনিয়াম লবণ যোগ করে প্ল্যাটিনামকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরোপ্ল্যাটিনেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত করেন। অবশিষ্ট দ্রবণে মারকারী সায়ানাইড যোগ করেছিলেন (এখানে প্যালাডিয়ামকে আলাদা করার অভিজ্ঞতাটি প্রয়োজনীয় বলে প্রমাণিত হয়েছিল) এবং এর ফলে প্যালাডিয়াম সায়ানাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়েছিল। পরে তিনি অতিরিক্ত মারকারী সায়ানাইডকে অপসারিত করে দ্রবণটিকে বাষ্পীভবণের দ্বারা শুকিয়ে ফেলেছিলেন। এতে গাঢ় লাল রঙের সুন্দর অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়েছিল। বিজ্ঞানীর মতে সেটি সোডিয়াম ও নতুন ধাতুটির ক্লোরাইডের দ্বি-যৌগ রূপে ছিল।

উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন প্রবাহিত করে এই লবণটিকে সহজে বিজারিত করা যায় এবং উৎপন্ন ধাতুটি অনিয়তাকার রূপে পাওয়া যায় (সোডিয়াম ক্লোরাইডকে অপসারণের পর)। বিজ্ঞানী নতুন ধাতুকে বড়ির আকারেও প্রস্তুত করেছিলেন। এই নতুন মৌলটির নাম রাখা হয়েছিল "রোডিয়াম", কারণ এটির থেকে পাওয়া প্রথম লবণটির রং ছিল লাল এবং গ্রীক শব্দ রোডন (rodon) মানে "লাল গোলাপ"।

প্রাপ্তির দিক থেকে প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির মধ্যে সবচেয়ে কম পরিমাণে এই

মৌলটিকে পাওয়া যায়। রোডাইট হলো রোডিয়ামের একমাত্র খনিজ, সেটি ব্রাজিল ও কলম্বিয়ায় প্রাপ্ত সোনা ধারণকারী বালিতে পাওয়া যায়। কিন্তু অন্যান্য প্রত্যেকটি প্ল্যাটিনাম-ধাতুর একাধিক খনিজ পাওয়া যায়।

অস্‌মিয়াম এবং ইরিডিয়াম

দুবছরের মধ্যে একই দেশে (ইংলান্ডে) অনুরূপ ধর্ম বিশিষ্ট চারিটি মৌলের আবিষ্কার, বিজ্ঞানের ইতিহাসের ক্ষেত্রে যেটি ছিল অভূতপূর্ব ঘটনা। প্যালাডিয়াম এবং রোডিয়ামের আবিষ্কর্তা ডবলু, ওল্লাসটোনের গবেষণাকালে এস. টেন্নান্ট (S. Tennant) নামে অপর এক ইংরেজ রসায়নবিদ প্ল্যাটিনাম ধাতু নিয়ে গবেষণা করেছিলেন। যদিও অসমিয়াম, ইরিডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনের সঙ্গে অন্য বিজ্ঞানীদের নাম জড়িত, তবুও টেন্নান্টের অবদানই ছিল সর্বশ্রেষ্ঠ।

অন্য প্ল্যাটিনামগোষ্ঠীয় ধাতুর তুলনায় অসমিয়াম ও ইরিডিয়ামের বিশিষ্ট কিছু লক্ষণ ছিল, যার থেকে এদের নামগুলি হয়েছে। "অসমিয়াম" কথা এসেছে গ্রীক শব্দ "অস্‌মে" (osme) থেকে, যার মানে "গন্ধ"। কারণ অস্‌মিয়াম অক্সাইড উদ্বায়ী এবং এটির একটা অদ্ভুত গন্ধ আছে। ইরিডিয়াম লবণগুলির বর্ণ বিভিন্ন হয় বলে এই মৌলটির নাম হয়েছে ইরিডিয়াম (গ্রীক শব্দ "ইরিস" (iris) মানে রামধনু, থেকে হয়েছে)। ইরিডিয়ামের রঙের থেকে কোন চিত্রকর তার সমস্ত প্যালিট্‌টি পূর্ণ করতে পারতো যদি ঐগুলি দামী না হতো। এগুলির অস্বাভাবিক ধর্ম হয়। এই প্ল্যাটিনাম-ধাতু দুটিকে আবিষ্কার করতে, তাদের এই ধর্ম বিজ্ঞানীদেরকে উদ্বুদ্ধ করেছিল।

ওল্লাসটোনের ন্যায় এস. টেন্নান্টও অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনাম ধাতুটি অম্লরাজে দ্রবীভূত করেছিলেন। বকযন্ত্রের তলায় ধাতব ঔজ্জ্বল্য বিশিষ্ট কালো রঙের অধঃক্ষেপ তিনি আবিষ্কার করেছিলেন। পূর্বতন প্ল্যাটিনামের পরীক্ষায় এই একই ঘটনা পরিলক্ষিত হয়েছিল, কিন্তু অধঃক্ষেপটিকে গ্রাফাইট বলে মনে করা হয়েছিল। 1803 খ্রিস্টাব্দে গ্রীষ্মকালে টেন্নান্ট এই বলে মত প্রকাশ করেন যে, খুব সম্ভবত ঐ কালো অধঃক্ষেপটিতে একটি নতুন মৌল আছে। ঐ বছর শরৎকালে ফরাসী রসায়নবিদ এইচ. কোলেট-ডেস্কোটিস (H. Collet-Descoties)ও একই সিদ্ধান্ত করেন, যে অধঃক্ষেপটিতে একটি ধাতু আছে, যেটি অ্যামোনিয়াম প্ল্যাটিনাম লবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং লাল রং সৃষ্টি করে। এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন এই কালো অনিয়তাকার পদার্থটিকে ক্ষার দিয়ে

উত্তপ্ত করে একটি উদ্বায়ী অক্সাইড পেয়েছিলেন, যেটি এইচ. ডেস্কোটিস দ্বারা উল্লিখিত মৌলটির অক্সাইড ছিল বলে ভ্যায়্‌কুয়েলিন মনে করেছিলেন। টেন্নান্টের পরীক্ষা একটি ধারাবাহিক গবেষণার যাত্রা শুরু করিয়েছিল। টেন্নান্ট নিজেও তার গবেষণা চালিয়ে গিয়েছিলেন এবং 1804 খিস্টাব্দে বসন্ত কালে তিনি ব্রিটিশ রয়েল সোসাইটিকে জানান যে ঐ অনিয়তাকার পদার্থে দুটি নতুন মৌল বিদ্যমান, যেদুটিকে অপেক্ষাকৃত সহজে পৃথক করা যায়। "প্ল্যাটিনাম দ্রবীভূত হওয়ার পর উৎপন্ন অনিয়তাকার কালো পদার্থ থেকে পাওয়া দুটি ধাতু সম্বন্ধে" (On Two Metals Found in the Black Powder Formed after Dissolution of Platinum) শীর্ষক একটি গবেষণা নিবন্ধ, 1805 খিস্টাব্দে তিনি প্রকাশিত করেন। "অসমিয়াম" এবং "ইরিডিয়াম" নামের উল্লেখ সর্বপ্রথম এখানে পাওয়া যায়।

অনিয়তাকার কালো পদার্থটি বস্তুত প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অসমিয়াম ও ইরিডিয়ামের সংকর ধাতু ছিল, যাকে অসমিরিডিয়াম বলে। রাসায়নিকভাবে ইরিডিয়াম স্থায়ী বলে জানা আছে এবং ঘন বিন্যস্ত অবস্থায় অম্লরাজেও অদ্রাব্য। অন্য দিকে অসমিয়াম সহজেই অম্লরাজে দ্রবীভূত হয়ে যায়। প্ল্যাটিনাম-ধাতুসমূহের মধ্যে সাধারণভাবে অসমিয়ামের সবচেয়ে কম বৈশিষ্ট্যমূলক রাসায়নিক ধর্ম আছে। এই জন্যে ইরিডিয়াম ও অসমিয়ামকে তুলনামূলকভাবে তাড়াতাড়ি এবং সহজে পৃথক করা যায়।

1817 খিস্টাব্দে প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির আবিষ্কারের বিষয়ে প্রদত্ত ভাষণে ইংরেজ রসায়নবিদ ও খনিজবিদ ডবলু ব্রান্ডে (W.Brande) যথাযথ উল্লেখ করেছিলেন যে, সমসাময়িক বৈশ্লেষিক রসায়নের সঠিকতার দৃষ্টিভঙ্গীতে যদি প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির আবিষ্কার ও পৃথকীকরণের ইতিহাসটির সমগ্র ক্রমবিকাশ কেউ বিশ্লেষণ করতে চেষ্টা করে, তবে সেটি হবে সম্ভবত সবচেয়ে আকর্ষণীয় ব্যাপার।

কিন্তু সমস্ত প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলি কি আবিষ্কৃত হয়েছে? সেই প্রশ্নটাই বারে বারে করা হয়েছিল। বছরের পর বছর চলে যাচ্ছিল কিন্তু তাঁরা নতুন কিছুই করতে পারেননি, এমনকি কোন সঠিক উত্তর পর্যন্ত দিতে পারেননি। কেবলমাত্র 1844 খিস্টাব্দে সর্বশেষ প্ল্যাটিনাম মৌল রুথেনিয়াম অবশেষে আবিষ্কৃত হয়েছিল। প্রকৃতিতে প্রাচুর্যের দিক থেকে এটি প্ল্যাটিনামের সমকক্ষ ছিল। প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির মধ্যে প্ল্যাটিনামের পারমাণবিক ভর সবচেয়ে বেশী এবং এই মৌলটিই প্রথম আবিষ্কৃত হয়। এমন কেন হলো এটি আজও রহস্যময়। এটা অপ্রত্যাশিতভাবে ঘটে থাকতে

পারে, কারণ প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির গবেষণা ছিল অত্যন্ত কঠিন, এবং এতে রসায়নের প্রভূত জ্ঞান এবং বৈশ্লেষিক কার্য দক্ষতার বিশেষ প্রয়োজন হয়।

রুথেনিয়াম

রুশ বিজ্ঞানী কর্তৃক আবিষ্কৃত প্রথম রাসায়নিক মৌল হলো রুথেনিয়াম। তিনি হলেন কার্ল ক্লাউস (Karl Klaus)। ইরিডিয়াম আবিষ্কারের চল্লিশ বছর পর এই শেষ প্ল্যাটিনাম মৌলটি আবিষ্কৃত হয়।

অবিশুদ্ধ উরাল অঞ্চলের প্ল্যাটিনামকে অম্লরাজে দ্রবীভূত করার পর অবশেষ পদার্থটিকে নিয়ে 1828 খ্রিস্টাব্দে, টারটু বিশ্ববিদ্যালয়ের (Tartu University) অধ্যাপক জি. ভি. ওজান্ন (G. V. Ozann) গবেষণা শুরু করেন এবং এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, এটিতে প্লুরানিয়াম, পোলিনিয়াম এবং রুথেনিয়াম নামে তিনটি নতুন মৌল বর্তমান। ওজান্ন তাঁর গবেষণার সারমর্ম চিঠির দ্বারা বার্জিলিয়াসকে জানান। বার্জিলিয়াস কিন্তু ওজান্নের আবিষ্কারকে সমর্থন করেননি। এই বিশেষ ঘটনার জন্যে 1841 সালের আগে আর প্ল্যাটিনামের অবশিষ্টাংশ নিয়ে নতুন করে গবেষণা শুরু করা যায়নি। বার্জিলিয়াসের সম্মান তখন এত উঁচুতে ছিল যে, পৃথিবীর কোন রসায়নবিদের পক্ষে সম্ভব ছিল না তাঁর সঙ্গে বিতর্ক করা।

রুথেনিয়াম আবিষ্কার দেরী হওয়ার দ্বিতীয় কারণ হলো এই যে, এটির সঙ্গে প্ল্যাটিনাম শ্রেণীর অন্যান্য সদস্যদের যথেষ্ট সাদৃশ্য ছিল। রাশিয়াতে ক্লাউসের আগে, এ. স্নিয়াডেট্স্কি (A. Snyadetskii) নামে এক পোলিশ বিজ্ঞানী এই সমস্যাটিকে নিয়ে গবেষণা করেছিলেন। তিনি একটি নতুন মৌল আবিষ্কারের কাথাও প্রকাশ করেন। তিনি এটির নাম রেখেছিলেন ওয়েস্ট (west), যে নামে একটি গ্রহাণুও ছিল। কিন্তু তাঁর আবিষ্কার মিথ্যে বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল।

1840 খ্রিস্টাব্দে কে. ক্লাউস তাঁর গবেষণা আরম্ভ করেন। রাশিয়ার তৎকালীন অর্থমন্ত্রী ই. এফ. ক্যানক্রিন (E. F. Kankrin), যিনি ছিলেন এক সুদক্ষ এবং কর্মক্ষম ব্যক্তি, ক্লাউসের দিকে যথেষ্ট সাহায্যের হাত বাড়িয়ে দিয়েছিলেন এবং ক্লাউস 2 পাউন্ড অবিশুদ্ধ প্ল্যাটিনাম-অবশেষ পেয়েছিলেন এবং 10% প্ল্যাটিনাম ছাড়াও প্রচুর পরিমাণে ইরিডিয়াম, রোডিয়াম, অস্মিয়াম ও প্যালাডিয়াম এটির থেকে নিষ্কাশন করেন।

এছাড়াও, ক্লাউস একটি ধাতু-মিশ্রণ পৃথক করেন। তাঁর মতে এটিতে একটি নতুন পদার্থ অবশ্যই আছে।

প্রথমে ক্লাউস ওজন্নের পরীক্ষাগুলি পুনর্বার করেন। পরে তাঁর নিজের মতলব অনুযায়ী পরীক্ষা চালিয়ে যান। ফলাফল ছিল আকর্ষণীয়। 1844 সালে 188 পৃষ্ঠার একটি গবেষণা নিবন্ধ তিনি প্রকাশ করেন, যাতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি ছিল: অম্লরাজে প্ল্যাটিনাম-অবশেষ দ্রবীভূত করার পর সেটির বৈশ্লেষিক পরীক্ষার ফলাফল; প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলি পৃথকীকরণের নতুন পদ্ধতি সমূহ; স্বল্প পরিমাণ অবশেষের গবেষণার পদ্ধিত সমূহ; নতুন মৌল আবিষ্কার — যেমন রুথেনিয়াম; স্বল্প পরিমাণ অবশেষের বৈশ্লেষিক পরীক্ষার ফলাফল; প্ল্যাটিনাম আকরিক এবং অবশেষগুলিকে পৃথকীকরণের সরল পদ্ধতিসমূহ; প্ল্যাটিনাম শ্রেণীর পূর্বে জানা সদস্যদের নতুন ধর্ম এবং যৌগগুলির কথা। প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির রসায়নের ক্ষেত্রে এইটাই ছিল এক বিদ্যাকোষ।

কে. ক্লাউস ছ'গ্রাম নতুন মৌল পৃথক করেন, পটাশিয়ামের সঙ্গে এটির দ্বৈত লবণ থেকে। এ সম্বন্ধে একটি বিবরণ তিনি বার্জিলিয়াসের কাছে পাঠান, কিন্তু পরের জন এ ব্যাপারে আবার সন্দেহ প্রকাশ করেন। বয়োবৃদ্ধ এবং প্রখ্যাত বিজ্ঞানীকে অস্বীকার করতে ক্লাউসের পরম সাহসের দরকার ছিল। এই রুশ রসায়নবিদ তাঁর আবিষ্কারের সত্যতা প্রমাণিত করেন এবং 1845 খ্রিস্টাব্দে বার্জিলিয়াস এই নতুন মৌলটিকে স্বীকৃতি দেন। এইচ. হেস (H. Hess) এবং ইয়ু. এফ. ফ্রিট্শে (Yu. F. Fritsshe) 'র ন্যায় শিক্ষাব্রতীকে নিয়ে রাশিয়ায় একটি বিশেষ কমিটি গঠন করা হয়েছিল, ক্লাউসের গবেষণার ফলাফলকে পরীক্ষা করে দেখবার জন্যে। কমিটি আবিষ্কারটি সমর্থন করে এবং কে. ক্লাউস্‌কে ডিমিডোভ (Demidov's) পুরস্কার দেওয়া হয় (1000 রুবল)।

রাশিয়ার ল্যাটিন নাম রুথেনিয়া (Ruthenia) থেকে মৌলটির নামকরণ করা হয়। স্বদেশপ্রেমের অনুভূতি থেকে ক্লাউস মৌলটি নামকরণ করেন এবং এবিষয়ে যাবতীয় কাজ রাশিয়ায় হয়েছিল বলে দেখাতে চেষ্টা করেন (জি. ওজান্ন, এ. স্নিয়াডেট্স্কি, কে. ক্লাউস)।

প্ল্যাটিনাম ধাতুর গবেষণায় ক্লাউস মোট কুড়ি বছর কাটিয়েছিলেন। রাশিয়াতে প্ল্যাটিনাম এবং প্ল্যাটিনাম-ধাতুগুলির গবেষণা গোষ্ঠীর প্রতিষ্ঠাতা বলার যোগ্যব্যক্তি ছিলেন তিনি।

ঊনবিংশ শতাব্দী পর্যন্ত মানুষ হ্যালোজেনের সঙ্গে সঠিকভাবে পরিচিত ছিল না, যদিও ফ্লোরিন ও ক্লোরিন অষ্টাদশ শতাব্দীর সাতের দশকে আবিষ্কৃত হয়েছিল। কিন্তু ঘটনাটি সত্যি যে ফ্লোরিন একটি রাসায়নিক মৌল, একথা বোঝা গিয়েছিল ক্লোরিন আবিষ্কৃত হওয়ার চল্লিশ বছর পর। ফ্লোরিন গোটা একশো বছর ধরে এটির যৌগের আড়ালে "লুকিয়ে" ছিল, অবশেষে এটি মুক্ত অবস্থায় প্রস্তুত করা হয়। আয়োডিন এবং ব্রোমিন, সরল পদার্থ বলে খুব তাড়াতাড়ি স্বীকৃত হয়েছিল।

1811 সালে এই সব মৌলের নামকরণ করা হয় হ্যালোজেন এবং আমরা যা দেখতে পাই তাতে বিজ্ঞানের ইতিহাসে এই সব মৌলগুলির ভাগ্য বিভিন্ন ছিল, কিন্তু বিশেষ করে রসায়নে এগুলি বিশেষ ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল।

ফ্লোরিন ছাড়া অন্যগুলি রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়েছিল, কেবল ফ্লোরিন তড়িৎ-রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহাযয্যে প্রস্তুত করা হয়।

ফ্লোরিন

বিখ্যাত রুশ বিজ্ঞানী এ. ই. ফের্সমান (A. E. Fersman) এই মৌলটিকে বলেছিলেন "সর্বগ্রাসী"। বাস্তবিক, প্রাকৃতিক এবং মনুষ্যসৃষ্ট খুব কম পদার্থই আছে যে ফ্লোরিনের অপ্রত্যাশিত রাসায়নিক আগ্রাসনকে সহ্য করতে পারে। ফ্লোরিনের গল্প হলো এই ধর্মের উদাহরণ। কালপঞ্জী অনুসারে এবং নিষ্ক্রিয় মৌল ব্যতীত, অধাতব মৌলের মধ্যে ফ্লোরিনই শেষ মৌল যা মুক্ত অবস্থায় পৃথক করা গেছে। ফ্লোরিনের অস্তিত্ব সম্বন্ধে ঘোষণার পর থেকে এবং এটিকে গ্যাসীয় অবস্থায় আবিষ্কার করার মধ্যে একশো বছর পার হয়ে গিয়েছিল। পনেরো বার এটিকে প্রস্তুত করতে চেষ্টা করেছিলেন রসায়নবিদরা এবং প্রতিবারই অকৃতকার্য হন। এবং অনেক ক্ষেত্রে তাঁরা তাঁদের জীবন পর্যন্ত হারিয়েছেন।

প্রাচীন কাল থেকে ফ্লোরিনের প্রাকৃতিক যৌগ (ফ্লোরোস্পার বা ফ্লোরাইট, CaF_2) জানা ছিল। এই অক্ষতিকর খনিজটি পাথর সংগ্রাহকদের জানা ছিল বলে ষোড়শ শতাব্দীর পাণ্ডুলিপিতে উল্লেখ পাওয়া যায়। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড যখন প্রথম আবিষ্কৃত হয়, ফ্লোরাইট তখন নতুন

গুরুত্ব পেয়েছিল। কে প্রথম হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে সেটা বলা কঠিন। যা জানা আছে তাতে দেখা যায় যে 1670 খিস্টাব্দে নুরনবার্গের (Nurnberg) কারিগর এইচ. সনহার্ড (H. Schwanhard) কাঁচের ওপর এটির ক্ষয়কর বিক্রিয়া লক্ষ্য করেন। সনহার্ড এবং আরো অনেকের ভুল ধারণা ছিল যে, সিলিসিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার জন্যে কাঁচ ক্ষয় হয়ে যায়। যদিও কাচ ক্ষয় হয়ে যায় হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জন্যে।

একশো বছর চলে যাবার পর ফ্লোরস্পার, সি. শীলের হাতে পড়ে। সবুজ ও সাদা এই দুধরনের ফ্লোরাইট নিয়ে তিনি গবেষণা করেন। বিজ্ঞানী গুঁড়ো ফ্লোরাইটকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে লক্ষ্য করেন যে কাঁচের বকযন্ত্রের ভেতর দিকটা অস্বচ্ছ হয়ে গিয়েছে এবং বকযন্ত্রের তলায় সাদা বস্তু অধঃক্ষিপ্ত হয়েছে। অজ্ঞাত অ্যাসিড সম্পৃক্ত চুন-মৃত্তিকা, ফ্লোরাইটে আছে বলে শীলে মনে করেন। তিনি এই অ্যাসিডে চুনজল যোগ করে কৃত্রিম ফ্লোরস্পার পেয়েছিলেন, যেটি প্রাকৃতিক খনিজের সদৃশ ছিল।

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড যে বছর (1771) প্রস্তুত করা হয়, সেই দিনটি ফ্লোরিনের আবিষ্কারের দিন বলে মনে করা হয়, যদিও এটা সমর্থন করা যায় না। শীলে কর্তৃক পাওয়া অ্যাসিডের (সেই সময় "সুইডিশ অ্যাসিড" নাম রাখা হয়েছিল) প্রকৃতিটি তখনও স্পষ্ট ছিলনা। শীলের আবিষ্কার নিয়ে বৈজ্ঞানিক জগতে মতভেদ ছিল, কিন্তু প্রতি বছরেই এটি স্পষ্ট থেকে স্পষ্টতর হচ্ছিল যে, তিনিই সঠিক ছিলেন।

রাসায়নিক যৌগের নির্ভরযোগ্য শ্রেণীবিভক্ত তালিকায় হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড স্থান পেয়েছিল এবং বিজ্ঞানীরা ক্রমে বিশ্বাস করতে লাগলেন যে, হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডে নতুন মৌল আছে। এ. ল্যাভয়সিয়ের এই ধারণাকে আরো শক্তিশালী করেন। তিনি "সরল বস্তুর তালিকা"য় হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের মূলকটি (মূলক ফ্লোরিকি (radical fluorique)) সরল বস্তু হিসেবে অন্তর্ভুক্ত করেন। ল্যাভয়সিয়েরও ভুল করেছিলেন: তিনি মনে করেছিলেন অ্যাসিডটিতে অক্সিজেন আছে। তাঁর ভুলটা যাহোক বোঝা যায়, কারণ সেই সময় রসায়নবিদরা মনে করতেন যে অক্সিজেন হলো প্রত্যেক অ্যাসিডের অপরিহার্য উপাদান।

শীলের পদ্ধতিতে প্রস্তুত অ্যাসিডের বিশুদ্ধতা অনেক কিছুর অনুমোদনের অপেক্ষা রাখে। গে লুসাক (Gay Lussac) এবং থেনার্ড (Thenard) সীসার বকযন্ত্রে ফ্লোরস্পারকে সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন; সেটা

1809 খ্রিস্টাব্দের আগে নয়। এই পরীক্ষায় উভয় বিজ্ঞানী দারুণভাবে বিষের প্রভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছিলেন।

একবছর পর ফ্লোরিনের প্রাগৈতিহাসিক কালে একটি অসামান্য গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা ঘটেছিল। ইংরেজ এইচ. ডেভি এবং ফরাসীবাসী এ. অ্যাম্পেরে (A. Ampere,) এই দুজনে স্বতন্ত্রভাবে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড থেকে অক্সিজেনকে চিরবিদায় দেন। তাঁরা দৃঢ়ভাবে বিশ্বাস করতেন যে, এই অ্যাসিডটি হাইড্রোজেন ও অন্য একটি অজানা মৌলের যৌগ, সেটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (Hcl) সদৃশ ছিল। হ্যালোজেনের ভাগ্যের ব্যাপারে এইটাই ছিল এইচ. ডেভির দ্বিতীয় চূড়ান্ত হস্তক্ষেপ (ক্লোরিনের মৌল প্রকৃতিটি প্রতিষ্ঠিত হওয়ার কিছু আগে)।

অতএব, এটা স্পষ্ট যে ফ্লোরিন আবিষ্কারের চেষ্ঠাকারীদের মধ্যে ডেভিই কেন প্রথম ব্যক্তি ছিলেন। গ্রীক শব্দ "ফ্টোরোস" (ftoros) মানে "বিধ্বংসী" থেকে এই মৌলটির নামটি প্রস্তাব করেন অ্যাম্পেরে। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের আগ্রাসী প্রকৃতির জন্যে অ্যাম্পেরে এই নামটা ঠিক করেন (মুক্ত ফ্লোরিনের তান্ডব দেখা বিজ্ঞানীদের তখনও বাকী ছিল)। শান্ত প্রকৃতির ডেভি "ক্লোরিনের" নামের অনুরূপে এটির নাম "ফ্লোরিন" রাখার প্রস্তাব রাখেন।

নামকরণ করা ছাড়া, ডেভি কিন্তু মুক্ত ফ্লোরিন প্রস্তুত করতে সফল হননি। দু'বছর (1813 ও 1814) ধরে ডেভি এই দুর্ভেদ্য দুর্গ জয় করতে প্রচন্ডভাবে চেষ্টা করেছিলেন। ডেভি দুটো পদ্ধতি ব্যবহার করেছিলেন: তড়িৎ-রাসায়নিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি, যা পৃথিবীকে সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম উপহার দিয়েছিল; দ্বিতীয় হলো ফ্লোরাইডের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া। হইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কোন ফল হয় না। দ্বিতীয় পদ্ধতিটাও নিষ্ফল হয়েছিল। ফ্লোরিন ঘটিত যৌগ নিয়ে কাজ করতে গিয়ে গুরুতরভাবে অসুস্থ হয়ে পড়ায় ডেভি পরীক্ষা বন্ধ রাখতে বাধ্য হন, যদিও ফ্লোরিনের পারমাণবিক ভর (19.06) নির্ণয়ে তিনি ছিলেন প্রথম ব্যক্তি। এই গবেষণায় ডেভির অসাফল্য এবং তাঁর অসুস্থতা অন্যান্য বিজ্ঞানীদের দারুণ সতর্ক করে দিয়েছিল এবং কুড়ি বছরের মধ্যে আর কেউ মুক্ত ফ্লোরিন প্রস্তুতের চেষ্টা করেননি। ডেভির বিখ্যাত ছাত্র এবং সহকারী এম. ফ্যারাডে (M. Faraday), বিজ্ঞানে যার অবদান তাঁর শিক্ষকের চেয়ে কোন অংশে কম ছিল না, তিনি 1834 সালে (ডেভির মৃত্যুর পর) মুক্ত ফ্লোরিনের রহস্য ভেদ করতে চেষ্টা

করেছিলেন। যাহোক, শুষ্ক ও গলিত ফ্লোরিনের রহস্য ভেদ করতে চেষ্টা করা ব্যর্থ বলে প্রমাণিত হয়েছিল।

ব্যর্থ প্রচেষ্টার সংখ্যা ক্রমশ বাড়তে লাগলো। 1836 খ্রিস্টাব্দে আয়ারল্যান্ড থেকে নক্স (Knox) ভ্রাতৃদ্বয় এই সমস্যা সমাধানের জন্যে সংকল্প করেন। পাঁচ বছর ধরে তাঁরা মারাত্মক পরীক্ষা চালিয়েছিলেন, কিন্তু সফল হননি। গবেষণাকালে এই দুই ভাই বিষের প্রভাবে দারুণভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হন এবং ফলে আর নক্স মারা যান। নক্স ভ্রাতৃদ্বয়ের নাটকীয় পরিণতির অংশীদার হন 1846 সালে, বেলজিয়ামবাসী পি. ল্যায়েটে (P. Layette) এবং পরে ফরাসী রসায়নবিদ ডি. নিক্‌লেসে (D. Niklesse)। অবশেষে ফ্রান্সের 'ইকেলো পলিটেকনিকে'র অধ্যাপক ই. ফ্রেমি (E. Fremy) 1854-56 খ্রিস্টাব্দে মুক্ত ফ্লোরিন প্রস্তুতে কৃতকার্য হন বলে মনে হয়। অনার্দ্র ও গলিত ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইডকে তিনি তড়িৎ-বিশ্লেষণে ভাঙ্গতে সমর্থ হন। ক্যাথোডে ধাতব ক্যালসিয়াম সঞ্চিত হয়েছিল এবং অ্যানোডে একটি গ্যাস মুক্ত হয়েছিল, যেটি ফ্লোরিন ছাড়া আর কিছুই নয়। যাহোক বুদ্বুদের একটি সারি লক্ষ্য করা গিয়েছিল, কিন্তু সংগ্রহের পক্ষে সেগুলি যথেষ্ট ছিল না। এ ব্যাপারে ফ্রেমি ব্যর্থ হয়েছিলেন। ফ্লোরিনের সহ-আবিষ্কারক হিসেবে ই. ফ্রেমির নাম যোগ্য বলে আমরা মনে করি। যেভাবেই হোক, এ ব্যাপারে তাঁর এই অধিকার শীলে'র থেকে কোন অংশেই কম নয়।

1869 খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ রসায়নবিদ জি. গোরে (G. Gore) অল্প পরিমাণ মুক্ত ফ্লোরিন প্রস্তুত করেন, যেটি তৎক্ষণাৎ হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া করেছিল। এ ছাড়াও আরো দশজন গবেষক ছিলেন যারা মুক্ত ফ্লোরিন আবিষ্কার করতে চেষ্টা করেছিলেন। ইতিহাসে তাঁদের নাম আছে, আমরা কিন্তু এখানে তাঁদের নাম উল্লেখ করবো না।

অবশেষে, সেই সময় উপস্থিত হলো যখন এ. ময়সে ফ্লোরিনের ভাগ্য নির্ধারণ করার দৃঢ় সংকল্প নিয়েছিলেন। প্রথমে তিনি তাঁর পূর্বসূরীদের ভুলগুলি বিশ্লেষণ করেন এবং স্পষ্ট বুঝতে পারেন যে ফ্যারাডে, ই. ফ্রেমি এবং জি. গোরের চেষ্টাগুলি ব্যর্থ হয়েছিল কারণ তাঁরা ফ্লোরিনের "উত্তেজনা" প্রশমিত করতে পারেন নি, যেটি উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যন্ত্রের পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে। ঐ সকল অনুসন্ধানকারীর ভুলের সম্বন্ধে ময়সে ওয়াকিবহাল ছিলেন, যাঁরা ফ্লোরাইডের ওপর ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ফ্লোরিন উৎপন্নের চেষ্টা করেছিলেন; ক্লোরিন অবশ্যই ফ্লোরিন অপেক্ষা মৃদু জারক পদার্থ ছিল।

U-আকৃতির পাত্র ব্যবহার করে ম'য়সে এই সমস্যার সমাধান করেছিলেন। প্রথমে তিনি প্ল্যাটিনাম নির্মিত পাত্র ব্যবহার করেছিলেন, কিন্তু পরে স্থির করেন যে তামার যন্ত্র অনেক বেশী উপযোগী ছিল, কারণ ফ্লোরিন বা হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড কোনটিই সৃষ্ট কপার ফ্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এই ভাবে, কপার ফ্লোরাইডের একটি স্তর পাত্রটিকে বিনষ্ট হতে দেয় না। ম'য়সে পাত্রটিকে অল্প পরিমাণ পটাশিয়াম বাইফ্লোরাইড যুক্ত অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা পূর্ণ করেছিলেন। পটাশিয়াম বাইফ্লোরাইড দ্রবণটিকে তড়িৎ-বাহী করে তোলে। —25°C তাপমাত্রায় হিমমিশ্রের মধ্যে পাত্র ডুবিয়ে রাখা হয়েছিল। ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড প্লাগের মধ্যে দিয়ে প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বার দুটি স্থাপন করা ছিল। তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ফ্লোরিন মুক্ত হয়েছিল এবং উৎপন্ন ফ্লোরিনকে তামার নলে সংগৃহীত করা হয়।

1886 সালের 26 জুন, ম'য়সে প্রথম সফল পরীক্ষাটি করেছিলেন এবং সিলিকনের সঙ্গে ফ্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শিখা লক্ষ্য করেছিলেন। 'প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস'-এ তিনি একটি নম্র বিবরণ পাঠান, যাতে তিনি লেখেন যে উৎপন্ন গ্যাসের প্রকৃতি সম্বন্ধে বিভিন্ন ধারণা করা সম্ভব। যেগুলির মধ্যে সরলতম হলো এই যে, ফ্লোরিন সত্যিকারে উৎপন্ন হয়েছিল, যদিও গ্যাসটি হাইড্রোজেন পারফ্লোরাইড বা এমনকি হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড ও ওজোনের মিশ্রণ হতে পারে। মিশ্রণটির সক্রিয়তা যথেষ্ট ছিল, যা কেলাসিত সিলিসিক অ্যাসিডের ওপর গ্যাসের সুতীব্র বিক্রিয়াটিকে ব্যাখ্যা করতে পারে।

ম'য়সে অ্যাকাডেমীর সদস্য ছিলেন না বলে, এ. ডেব্রে (A. Debray) তাঁর বিবরণটি পাঠ করেন এবং এ. ডেব্রে, ই. ফ্রেমি, ফরাসী রসায়নবিদদের মধ্যে প্রবীন এম. বারথেলট (Berthelot) কে নিয়ে একটি কমিটি গঠিত হয়েছিল। প্রথম দিন মুক্ত ফ্লোরিনের প্রস্তুতির ম'য়সের প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল। পরের দিন সফল হয়েছিলেন, যার সাক্ষী ছিলেন কমিটি। এইভাবে সম্ভবত ফ্লোরিনের জীবনীতে আর একটা সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ দিন ছিল, যেদিনে মুক্ত ফ্লোরিন প্রস্তুত করা হয়েছিল (1886)। 1887 খিস্টাব্দে ম'য়সে তরল ফ্লোরিন প্রস্তুত করেন।

ক্লোরিন

সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের

(NH_4Cl) ন্যায় ক্লোরিন যুক্ত যৌগ প্রাচীনকাল থেকে মানুষের জানা ছিল। পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জানা গিয়েছিল এবং তা প্রচুর ব্যবহার করা হতো। অসংখ্য ক্লোরিন যৌগ গবেষকদের সমীক্ষার ব্যাপার ছিল এবং এ বিষয় কোন সন্দেহ নেই যে, এগুলিকে নিয়ে কাজ করার সময় বারংবার মুক্ত ক্লোরিন পাওয়া গিয়েছিল। মুক্ত ক্লোরিন যারা প্রত্যক্ষ করেন তাঁদের মধ্যে জে. গ্লবার (J. Glauber) (গ্লবার-লবণ খ্যাত), জে. ভ্যান হেল্‌মণ্ট (J. Van Helmont) এবং আর. বয়েলের ন্যায় প্রতিথযশা বিজ্ঞানী ছিলেন। কিন্তু অদ্ভুত এই হরিদ্রাভ সবুজ গ্যাস তাঁদের চোখে পড়লেও, এটির প্রকৃতি তাঁরা সম্ভবত, খুব কমই বুঝেছিলেন।

সুইডিশ রসায়নবিদ সি. শীলেরও ভুল হয়েছিল। বর্তমানকালে স্কুলের পাঠ্য বইয়ে ক্লোরিন প্রস্তুতির পদ্ধতি যে ভাবে বর্ণিত আছে, তিনি ঐ একই পদ্ধতিতে ক্লোরিন প্রস্তুত করেছিলেন: যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের বিক্রিয়ায় (শীলে চূর্ণ-করা পাইরোলুসাইট ব্যবহার করেছিলেন, যেটি ছিল প্রাকৃতিক MnO_2)। বিজ্ঞানী হঠাৎ এই পদ্ধতিটা কাজে লাগিয়েছিলেন, এটা বলা ভুল হবে। শীলে জানতেন যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাইরোলুসাইটের বিক্রিয়ায় প্রথা অনুযায়ী দাহ্য বাতাসই (পরে জানা গিয়েছিল হাইড্রোজেন) উৎপন্ন হতে হবে (পৃঃ ৫৪ দ্রষ্টব্য)। অবশ্যই, কোন গ্যাস ঠিকই উৎপন্ন হয়েছিল, যার সঙ্গে দাহ্য বাতাসের এমনকি সামান্য মিলও ছিল না। এটির খুব অপ্রীতিকর গন্ধ ছিল এবং অপ্রীতিকর হরিদ্রাভ সবুজ রং ছিল। এই গ্যাসে কর্ক খেয়ে (ক্ষয়ে) যেত এবং ফুল ও গাছের পাতা বিরঞ্জিত হতো। গ্যাসটি সুতীব্র রাসায়নিক বিকারক ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছিল। এটি অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করেছিল এবং অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ঘন ধোঁয়ার সৃষ্টি করে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)। জলে এটির দ্রাব্যতা খুব কম ছিল। "একটি নতুন রাসায়নিক মৌল'' এই কথাগুলি শীলে উচ্চারণ করেননি, যদিও আবিষ্কারটি তাঁর হাতের মুঠোর মধ্যে ছিল, যদি তিনি এটির মৌল স্বরূপের বিষয়ে যুক্তিগুলি পর পর অনুসন্ধান করতেন। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থেকে তাঁর আবিষ্কৃত গ্যাসটিকে ফ্লোজিস্টন-হারা গ্যাস বলে সনাক্ত করেন এই সুইডিশ রসায়নবিদ, যিনি ছিলেন ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বের একজন গভীর অনুগামী। তিনি নাম দেন ডিফ্লোজিস্টিকেটেড মিউরিক অ্যাসিড (muric acid) (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে, মিউরিক অ্যাসিড বলা হতো কারণ ল্যাটিনে "মিউরিয়া'' (muria) মানে ব্রাইন (brine), লবণজল)।

এইচ. ক্যাভেনডিশ ও অন্যান্য বিজ্ঞানীদের ন্যায় শীলেও সেই সময় একই মত পোষণ করতেন যে, দাহ্য বাতাস (হাইড্রোজেন) হলো সত্যিকারের ফ্লোজিস্টন। ফলস্বরূপ এটা বলা হলো যে নতুন গ্যাসটি অবশ্যই সরল বস্তু (ফ্লোজিস্টন বিযুক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড), কিন্তু যতদূর মনে হয় শীলে এই রকম কোন স্পষ্ট সিদ্ধান্ত করেননি। যদিও 1774 খ্রিস্টাব্দকে এই নতুন গ্যাসের আবিষ্কারের দিন বলে ধরা হয়, এটির প্রকৃত স্বরূপ বোঝবার আগে অনেক সময় অতিবাহিত হয়ে গিয়েছিল।

ফ্লোজিস্টিক তত্ত্বকে এ. ল্যাভয়সিয়ের বাতিল করে দিয়েছিলেন। এমনকি "ডিফ্লোজিস্টিকেটেড মিউরিক অ্যাসিড" নামটাও তাঁর মধ্যে প্রবল প্রতিবাদের ঝড় তুলেছিল। তাঁর মতে শীলের পাওয়া অ্যাসিড ছিল মিউরিক (হাইড্রোক্লোরিক) অ্যাসিড ও অক্সিজেনের যৌগ। ল্যাভয়সিয়ের এটির নাম দিয়েছিলেন "জারিত মিউরিক অ্যাসিড", যাকে বর্তমানে আমরা ক্লোরিন গ্যাস বলে জানি। এই ফরাসী রসায়নবিদ বিশ্বাস করতেন যে প্রত্যেক অ্যাসিডে অক্সিজেন থাকবে অন্য কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায়। মিউরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে এই মৌলটির নাম দিয়েছিলেন "মিউরিয়াম" (murium) এবং এটিকে "সরল বস্তুর তালিকায়" সংযোজিত করেছিলেন (মিউরিয়াম মূলক — মূলক মিউরিয়েটিক (radical muriatique))।

ফলাফলটা ছিল স্ববিরোধী অথচ সত্য, শীলে কর্তৃক আবিষ্কৃত গ্যাসটির প্রকৃতি অনুধাবন করতে গিয়ে ল্যাভয়সিয়ের বিষয়টি জটিল করে তুলেছিলেন। সম্ভবত, নতুন তত্ত্বীয় ধারণার আলোয় ক্লোরিনের ইতিহাসের এই ক্রমবিকাশ ছিল মাত্র অবশ্যম্ভাবী পরিণতি। কিছু রসায়নবিদ মুক্ত মিউরিয়াম প্রস্তুতের চেষ্টা করেছিলেন, কিন্তু তাঁদের চেষ্টা ফলবর্তী হয়নি এবং নতুন গ্যাসের প্রকৃতি স্পষ্ট হয় নি।

1807 খ্রিস্টাব্দে একাধিক বিক্রিয়া, দুর্মীতি মিউরিক অ্যাসিডের ওপর করে এইচ. ডেভি এই সমস্যার সমাধান করতে চেষ্টা করেন। তিনি এটিকে তড়িৎ-রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বিশ্লেষিত করতে চেষ্টা করেন, কিন্তু কোন বিভাজন লক্ষ্য করা যায়নি। তিনি জল উৎপাদনে বা অক্সিজেন মুক্ত করতে সফল না হলেও, তাতে কোন ব্যাপার ছিল না, কিন্তু তাঁর উদ্ভাবিত প্রক্রিয়ায় কেমন করে দক্ষতার সঙ্গে অক্সিমিউরিক অ্যাসিডকে মোকাবিলা করেছিলেন, সেইটাই ছিল ঘটনা। এক কথায়, সরল বস্তুর ন্যায় যেন অ্যাসিডটি আচরণ করে। এছাড়াও ধাতু বা ধাতুর অক্সাইডের ওপর এটির বিক্রিয়ায় বৈশিষ্ট্যমূলক লবণ উৎপন্ন হয়। অক্সিমিউরেটিক অ্যাসিডে (হাইড্রোজেন

ছাড়া) মাত্র একটি মৌল বিদ্যমান বলে সনাক্ত করা ছাড়া ডেভির কাছে আর কিছু ছিল না। তার মানে শীলে কর্তৃক গ্যাসটি আবিষ্কারের ত্রিশ বছর পর এটির মৌল স্বরূপটি সনাক্ত করা গিয়েছিল। 1810 খ্রিস্টাব্দে 19 নভেম্বর রয়েল সোসাইটিতে তিনি এটির বিবরণ পেশ করেন।

গ্রীক শব্দ "ক্লোরোস" (chloros) মানে হলুদ-সবুজ থেকে ডেভি এই মৌলটির "ক্লোরিন" নামটি প্রস্তাব করেন। দু বছর পর, 1812 খ্রিস্টাব্দে ফরাসী রসায়নবিদ গে-লুসাক নামটিকে পরিবর্তন করে ক্লোর (Chlor) রাখার প্রস্তাব করেন (ইংরেজী ভাষাভাষি দেশ ছাড়া অন্যত্র এটি গৃহীত হয়েছিল)।

ডেভির সঙ্গে প্রায় একই সময়ে থেনার্ড (Thenard)-এর সহযোগিতায় গে-লুসাক অক্সিমিউরিক অ্যাসিড নিয়ে গবেষণা আরম্ভ করেন। প্রথমে তাঁরা প্রমাণ করতে চেয়েছিলেন যে এটি অক্সিজেন মুক্ত। এই দুই বিজ্ঞানী কাঠকয়লা ভর্ত্তি লোহিত তপ্ত নলের মধ্যে দিয়ে এই অ্যাসিডটি প্রবাহিত করিয়েছিলেন। শীলের আবিষ্কৃত গ্যাসে যদি অক্সিজেন থাকতো, তবে সেটি কাঠকয়লা দ্বারা শোষিত হতো। যদিও নলের মধ্যে প্রবেশের আগে এবং পরে গ্যাসটির গঠন অভিন্ন ছিল। এই পরীক্ষার দ্বারা অক্সিমিউরিক অ্যাসিডের গঠনের ধারণায় ল্যাভয়সিয়েরের গোঁড়া সমর্থকদের টলানো যায়নি।

যাহোক, সমসাময়িক বৈজ্ঞানিক গোষ্ঠিকে ডেভির পরীক্ষা প্রচন্ড প্রভাবিত করেছিল, ক্রমশ তাঁরা সিদ্ধান্তে এসেছিলেন যে মিউরিয়াম হলো আসলে ক্লোরিন। 1813 খ্রিস্টাব্দে গে-লুসাক ও থেনার্ড ডেভির মতকে সমর্থন করেন। কেবলমাত্র বার্জিলিয়াস অনেক দিন পর্যন্ত ক্লোরিনের মৌল প্রকৃতির সম্বন্ধে সন্দেহ করে গিয়েছিলেন, কিন্তু তাঁকেও অবশেষে সত্যকে সমর্থন করতে হয়েছিল। আয়োডিন ও ব্রোমিন আবিষ্কার ও গবেষণার পর কেবলমাত্র ক্লোরিনের মৌল স্বরূপ অখন্ডণীয় বাস্তব সত্য বলে পরিগণিত হয়েছিল।

1811 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ আই. সয়েইগার (I. Schweiger) ক্লোরিনকে "হ্যালোজেন" নামে অভিহিত করার প্রস্তাব করেন (হ্যালোজেন শব্দটা গ্রীক শব্দ "লবণ" এবং "প্রস্তুত করা" তার মানে "লবণ-প্রস্তুতকারী" (salt-producing) থেকে এসেছে) কারণ এটি সহজে ক্ষার ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হতে পারে। সেই সময় নামটি গ্রাহ্য হয়নি, পরে কিন্তু তা ফ্লোরিন,

ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের ন্যায় অনুরূপ মৌলকে বোঝাতে ব্যবহার করা হয়। 1823 খ্রিস্টাব্দে এম. ফ্যারাডে সর্বপ্রথম তরল অবস্থায় ক্লোরিন প্রস্তুত করেন।

আয়োডিন

মুক্ত অবস্থায় পাওয়া দ্বিতীয় হ্যালোজেনটি ছিল আয়োডিন। দেখতে এবং রাসায়নিক ধর্মে আয়োডিন বরং একটু অদ্ভুত ছিল। অস্তিত্বে এইটাই ছিল একমাত্র হ্যালোজেন; এটির প্রকৃতি সম্বন্ধে রসায়নবিদদের গভীর চিন্তা করতে হয়েছিল। কিন্তু মৌল ক্লোরিন পূর্বেই জানা ছিল এবং এই ঘটনাটি আয়োডিনের স্বরূপ অনুধাবণ করতে সাহায্য করেছিল।

ডিজোন (Dijon) নামে ফরাসীর এক শহরের বি. কোর্টোয়িস (B. Courtois) নামে এক উদ্যোগী ব্যক্তি অন্যান্য জিনিসের সঙ্গে পটাশ ও সল্টপিটার উৎপাদনে নিয়োজিত ছিলেন। প্রাথমিক কাঁচা মাল হিসেবে সমুদ্র শৈবালের ছাই তিনি ব্যবহার করেছিলেন। সমুদ্র শৈবালের ছাইয়ের সঙ্গে জল যোগ করে একটি বিশেষ দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর ক্লোরাইড, ব্রোমাইড, আয়োডাইড, কার্বনেট ও সালফেট এই ছাইয়ে আছে বলে আমরা বর্তমানে জানি। কিন্তু, কোর্টোয়িস যখন পরীক্ষা আরম্ভ করেন তখন পটাশিয়াম এবং সোডিয়াম যৌগ (ক্লোরাইড, কার্বনেট ও সালফেট হিসেবে) ছাইয়ে আছে বলে জানা ছিল। বাষ্পায়নের ফলে প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইড, পরে পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়েছিল। অবশিষ্ট শেষ দ্রবণটি গন্ধক ঘটিত যৌগ সমেত নানান লবণের জটিল মিশ্রণ ছিল।

এই সব গন্ধক যৌগদের বিযোজন করতে কোর্টোয়িস দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করেছিলেন। একদিন, এমন ঘটনা ঘটে থাকতে পারে যে যতটা প্রয়োজন তার অধিক অ্যাসিড তিনি যোগ করেছিলেন। অকস্মাৎ অপ্রত্যাশিত কিছু একটা ঘটেছিল: বেগুণী রঙের অদ্ভুত সুন্দর মেঘের ন্যায় বাষ্প উদয় হয়েছিল, যেটির চমৎকারিত্বটা অপ্রীতিকর এবং অশ্রুনিঃসারী গন্ধের দ্বারা মলিন হয়ে গিয়েছিল। এর পরে আরো অদ্ভুত ব্যাপার ঘটে ছিল: ঠান্ডা বস্তুর গায়ে বাষ্পটি বেগুণী তরলে পরিণত না হয়ে, ধাতব ঔজ্জ্বল্য বিশিষ্ট গাঢ় রঙের কঠিনে পরিণত হয়। কোর্টোয়িস এই নতুন মৌলটির আকর্ষণীয় ও অসাধারণ অনেক ধর্ম আবিষ্কার করেন। নতুন রাসায়নিক মৌল আবিষ্কার করার ঘোষণায় তাঁর যথেষ্ট কারণ থাকলেও

কিন্তু সম্ভবত গবেষকটি যথেষ্ট আত্মবিশ্বাসী ছিলেন না এবং পরবর্তী গবেষণা করার পক্ষে তাঁর পরীক্ষাগারটি খুবই নিঃস্বভাবে সজ্জিত ছিল। অতঃপর, তিনি তাঁর বন্ধু ডেসোর্মেস (Ch. Desormes) এবং এন. ক্লেমেণ্ট-এর কাছে সাহায্য চান এবং তাঁদের পরীক্ষাগারে কাজটি চালিয়ে যেতে অনুমতি চান। বৈজ্ঞানিক জার্নালে তাঁর আবিষ্কারটি প্রকাশিত করার জেন্য তাঁদের অনুরোধ করেন।

অতঃপর 1813 খ্রিস্টাব্দে "অ্যানালেস ডি কেমিয়ে এট ডি ফিজিক" (Annales de chimie et de physique) পত্রিকায় "কোর্টোয়িস কর্তৃক ক্ষার-লবণ থেকে নতুন বস্তু আবিষ্কার" ("The Discovery of a New Substance Obtained from an Alkali Salt by Mr. Courtois) নামে গবেষণা প্রবন্ধটি ক্লেমেণ্ট ও ডেসোর্মেস দ্বারা স্বাক্ষরিত হয়ে প্রকাশিত হয়। তার মানে এটা ঘটে মৌলটি আবিষ্কারের দু বছর পর। ডিজোন শহরে অবস্থিত ভেষজ প্রতিষ্ঠানকে এই মৌলটি অল্প পরিমাণে কোর্টোয়িস দান করেছিলেন, যাতে এই বস্তুটি নিয়ে অন্যেরাও গবেষণা করতে পারেন। ক্লেমেণ্ট নিজেও কিছু পরিমাণ আয়োডিন প্রস্তুত করেন এবং এটিকে নিয়ে গবেষণা করেন। সম্ভবত তিনিই প্রথম ব্যক্তি যিনি আয়োডিনকে ক্লোরিনের ন্যায় মৌল বলে ধারণা পোষণ করেন। 1813 খ্রিস্টাব্দে জে. গে-লুসাক এবং এইচ. ডেভি স্বতন্ত্রভাবে আয়োডিনের মৌল স্বরূপটি প্রমাণিত করেন। নতুন মৌলটিকে "আয়োডে" (iode) নামে অভিহিত করতে ফরাসী রসায়নবিদ প্রস্তাব করেন (গ্রীক শব্দ আয়োডেস (iodes) মানে "বেগুণী-বর্ণ") এবং ইংরেজ বিজ্ঞানী "আয়োডিন" নামটা প্রস্তাব করেন। রুশ ভাষায় প্রথম নামটি গৃহীত হয়েছিল।

আয়োডিন হলো রাসায়নিক মৌলের একটি বিরল উদাহরণ, যেটির ধর্ম আবিষ্কারের অল্প দিনের মধ্যে বিশদভাবে গবেষণা করা হয়েছিল। এ ব্যাপারে গে-লুসাকের যথেষ্ট অবদান ছিল যিনি আয়োডিনের সম্বন্ধে এমনকি একটা বইও লিখে ফেলেন। বস্তুত বিজ্ঞানের ইতিহাসে সেটি ছিল, একটি মৌলের ব্যাপারে কেবল নিয়োজিত প্রথম বিজ্ঞান পুস্তিকা।

কিন্তু পরবর্তী প্রজন্মেও কোর্টোয়িসের অবদানের কথা বিস্মৃত হয়নি। ডিজোনের শহরের একটি রাস্তার নামকরণ করা হয়েছিল তাঁর নামানুসারে। রাসায়নিক মৌল আবিষ্কারকের মধ্যে খুব কম জনের ভাগ্যে এমন সম্মান জুটেছিল।

নানা বিষয়ে অস্বাভাবিক এই মৌলটি প্রকৃতিতে পাওয়া হ্যালোজেনগুলির মধ্যে সবশেষে আবিষ্কৃত হয় (অবশ্য, যদি আমরা 1771 সালে শীলে কর্তৃক ক্লোরিন আবিষ্কারটা মেনে নিই)।

1825 খিস্টাব্দে শরৎকালের এক দিন, হাইডেলবার্গ বিশ্ববিদ্যালয়ের ভেষজ ও রসায়নের অধ্যাপক এল. গ্মেলিন (L. Gmelin)-এর গবেষণা-গারে একটি ঘটনা ঘটেছিল। সি. লোভিগ (C. Löwig) নামে এক ছাত্র তার শিক্ষকের কাছে মোটা দেওয়াল যুক্ত ফ্লাস্কে করে খারাপ গন্ধযুক্ত লালচে বাদামী তরল নিয়ে আসে। গ্মেলিনকে লোভিগ বলে যে, সে ক্রেইজ্নাচ (Kreiznach) নামে শহরে তার দেশের বাড়ীতে খনিজ সমৃদ্ধ ঝরণার জলের গঠন সম্বন্ধে গবেষণা করেছিল। গ্যাসীয় ক্লোরিন এই শেষ দ্রবণের রং লাল করে দিয়েছিল। শেষ দ্রবণটি যে বস্তুর প্রভাবে রঞ্জিত হয়েছিল লোভিগ সেটি ইথার দিয়ে নিষ্কাশিত করে। এটি ছিল লালচে বাদামী রঙের পদার্থ, পরে যেটি ব্রোমিন বলে পরিচিত হয়।

গ্মেলিন তাঁর ছাত্রের কাজে প্রচণ্ড আগ্রহ প্রকাশ করেন এবং নতুন বস্তুটি প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করতে এবং এটির ধর্ম বিশদভাবে গবেষণা করতে ছাত্রটিকে পরামর্শ দেন।

এইটাই ছিল যুক্তিসম্মত উপদেশ কারণ গবেষক হিসেবে লোভিগের অভিজ্ঞতা ছিল কম। কিন্তু কাজের জন্য সময় প্রয়োজন ছিল এবং সময়টাই ছাত্রটির শত্রু হয়ে দাঁড়ালো।

যখন সে গভীর অধ্যবসায়ের সঙ্গে আরো কিছু বিশ্রী গন্ধযুক্ত লালচে বাদামী রঙের তরল প্রস্তুতে ব্যস্ত, সেই সময় "অ্যানালেস ডি কেমিয়ে এট ডি ফিজিক" পত্রিকায় একটি বড় আকারের প্রবন্ধ প্রকাশিত হয়েছিল। "সমুদ্র-জলে উপস্থিত বিশেষ পদার্থের সম্বন্ধে বিবরণ" (Memoir on a Specific Substance Contained in Sea Water) শিরোনামে প্রবন্ধটি লেখেন এ. ব্যালার্ড (A. Balard। মণ্টপেলিয়ার (Montpellier) নামে ফ্রান্সের শহরের এক ভেষজ সংক্রান্ত শিক্ষাদান কেন্দ্রের পরীক্ষাগারের তিনি ছিলেন একজন সহকারী। লোভিগের পাওয়া লালচে বাদামী তরলের সঙ্গে এই "বিশেষ পদার্থের" ধর্মের সম্পূর্ণ মিল ছিল। ব্যালার্ড লিখেছিলেন যে, 1824 খিস্টাব্দে তিনি নোনা জলের গাছপালা সম্বন্ধে গবেষণা আরম্ভ করেছিলেন। এই নোনা জলে জন্মান ঘাস থেকে প্রয়োজনীয় যৌগ নিষ্কাশনে

তিনি এগুলিকে বিভিন্ন রাসায়নিক বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করাবার চেষ্টা করেছিলেন। তিনি এমন একটি শেষ দ্রবণ প্রস্তুত করেন, যেটি কিছু বিকারকের সঙ্গে, বিশেষ করে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাদামী রঙে পরিবর্তিত হয়। এরপর ব্যালার্ড সমুদ্র শৈবালের ভস্ম থেকে উৎপন্ন ক্ষারীয় দ্রবণ গবেষণা করেন। এই দ্রবণে ক্লোরিন-জল ও শ্বেতসার যোগ করলে, দ্রবণটি দুটি স্তরে ভাগ হয়ে যায়। তলার স্তরটি নীল এবং ওপরের স্তরটি লালচে বাদামী হয়। ব্যালার্ড স্থির করেন যে, তলার স্তরটিতে আয়োডিন বর্তমান, যেটি শ্বেতসারের সঙ্গে নীল রং সৃষ্টি করে। কিন্তু ওপর স্তরের বিষয়টি কী? ব্যালার্ড মনে করেছিলেন যে এটি ক্লোরিন ও আয়োডিনের যৌগ ছিল। তিনি এটিকে নিষ্কাশন করতে চেষ্টা করেছিলেন, কিন্তু বিফল হয়েছিলেন। এর পর, একটি নতুন মৌল এই লালচে বাদামী রঙের কারণ, সেটা চিন্তা করার সাহস, মণ্ট পেলয়েরের পরীক্ষাগারের সহকারীটির হয়েছিল। বালার্ড এই লালচে বাদামী রঙের তরলকে আলাদা করেন। বেশ কয়েক মাস পূর্বে লোভিগ নামে এক অজ্ঞাত ছাত্র যেটি প্রস্তুত করেছিল, তার সঙ্গে এই তরলটি অভিন্ন ছিল। লোভিগ পরে সোর্বোনে (Sorbonne) শিক্ষাব্রতী ও অধ্যাপক হয়েছিলেন।

ব্যালার্ড, লবণ জলের ল্যাটিন নাম "মিউরিয়া" (muria) থেকে এই নতুন মৌলটির একটি বাস্তবধর্মী নাম রাখেন "মিউরাইড" (muride)। এই মৌলটির স্বরূপ সম্বন্ধে তাঁর সমান বাস্তব দৃষ্টিভঙ্গি ছিল। পারদ যেমন সাধারণ তাপমাত্রায় তরল ধাতব পদার্থ তেমনি ঐ একই তাপমাত্রায় এটিও একমাত্র অধাতব তরল পদার্থ।

ব্যালার্ডের প্রবন্ধটি অলক্ষিত ছিল না। কিন্তু "প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস"-এ এটির বিবরণ পাঠাতে তাঁকে তাঁর বন্ধুরা পরামর্শ দেন। ব্যালার্ড তাঁর বন্ধুদের পরামর্শ অনুযায়ী, 1825 খ্রিস্টাব্দে 30 নভেম্বর তারিখে "সমুদ্রজলে উপস্থিত বিশেষ পদার্থ সম্বন্ধে বিবরণ" প্রবন্ধটি পাঠান। ক্লোরিন ও আয়োডিনের সঙ্গে মিউরাইডের সাদৃশ্যের পর্যবেক্ষণটি ছিল এই প্রবন্ধের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ। অ্যাকাডেমির সদস্যরা এই বিবরণের প্রতি আস্থাবান ছিলেন না এবং ব্যালার্ডের পরীক্ষাটি তলিয়ে দেখার জন্যে একটি বিশেষ কমিটি গঠন করে। গে-লুসাক, ভ্যায়ুকুয়েলিন এবং থেনার্ডকে নিয়ে গঠিত কমিটি ব্যালার্ডের সমস্ত ফলাফল দৃঢ়ভাবে সমর্থন করে এবং কেবলমাত্র নতুন মৌলটির নামটির ব্যাপারে আপত্তি ছিল।

গ্রীক শব্দ ব্রোমোস (bromos) — মানে "তীব্র দুর্গন্ধ" — থেকে এই মৌলটির "ব্রোমিন" নামটি রাখে কমিটি।

1826 খ্রিস্টাব্দে 14 আগষ্ট তারিখে রসায়নের ক্ষেত্রে ব্রোমিন আবিষ্কারটা ছিল অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, বলে কমিটি নির্দেশ দেয়।

আবিষ্কারের খবরে কেবলমাত্র একজন বিজ্ঞানী বিরক্তিবোধ করেছিলেন। তিনি হলেন জে. লাইবিগ (J. Liebig)। কয়েক বছর আগে কোন এক জার্মান প্রতিষ্ঠানের কাছ থেকে তিনি এক বোতল তরল পদার্থ পান, যে প্রতিষ্ঠানটি লাইবিগকে তরলটি সনাক্ত করতে বলে। বিজ্ঞানীটি এটিকে বিশদভাবে বিশ্লেষণ না করে তাড়াতাড়ি সিদ্ধান্ত করেন যে তরলটি হলো আয়োডিন ও ক্লোরিনের একটি যৌগ। ব্যালার্ডের আবিষ্কারটি জেনে তিনি বোতলের অবশিষ্ট তরলটি বিশ্লেষণ করেন এবং প্রমাণ করেন যে, এটি ব্রোমিন ছিল। তাঁর সমসাময়িক ব্যক্তিরা উল্লেখ করেছিলেন যে লাইবিগ রেগে গিয়ে বলেছিলেন "ব্রোমিনকে ব্যালার্ড আবিষ্কার করেননি, ব্রোমিন ব্যালার্ড কে আবিষ্কার করেছিল।"

রসায়নের ক্রমবিকাশে হ্যালোজেনের গুরুত্ব

মৌলসমূহের, ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্ব অনুসারে সাজানো হয় যখন পারমাণবিক ভর (ওজন) নির্ধারণ যথেষ্ট সূক্ষ্মভাবে করা সম্ভব হয়েছিল। আর যার জন্যে হাল্কা থেকে ভারী মৌলের দিকে যাবার সময় এগুলির রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য লক্ষ্য করা সম্ভব হয়েছিল। এটি পর্যায় সূত্রটির আবিষ্কারের ক্ষেত্র প্রস্তুত করেছিল। যে মৌলগুলি রাসায়নিকভাবে অভিন্ন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়, সেই রকম স্বাভাবিক শ্রেণীর মৌলের ধারণা এর ফলে জন্ম নিয়েছিল। জে. ডোবেরেইনের (J. Döbereiner) নামে জার্মান রসায়নবিদ এ বিষয়ে বিশদভাবে গবেষণা করেন, যাকে মেণ্ডেলে-য়েভের পূর্বসূরি বলে মনে করা হয়। এই রকম ত্রয়ী মৌলের ক্ষেত্রে এক অদ্ভুত ব্যাপার লক্ষ্য করা হয়েছিল, তাহল এই যে, মধ্যবর্তী মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব প্রান্তিয় মৌলদ্বয়ের পারমাণবিক গুরুত্বের গড়ের সমান। অন্যান্য ত্রয়ী মৌলের (স্বাভাবিক শ্রেণী) ক্ষেত্রেও এটি সত্যি বলে প্রমাণিত হয়েছিল। পর্যায় নিয়মের প্রথম সোপান হিসেবে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন — এই তিন মৌল রসায়নের ইতিহাসে তাদের ভূমিকা পালন করেছিল।

অ্যাসিডের গঠন ও ধর্ম সম্বন্ধে অবগত হতে এই মৌলগুলির অপরিসীম

গুরুত্ব ছিল। ক্লোরিন আবিষ্কারের প্রাথমিক অবস্থায় এই ধারণাটি সমর্থিত হয়েছিল যে, সমস্ত অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে। পরে, দেখা গেল যে, ক্লোরিনই হলো প্রথম মৌল যার জন্যে অক্সিজেন-বিশিষ্ট এবং অক্সিজেন-বর্জিত (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড) — উভয় অ্যাসিডই প্রস্তুত করা গিয়েছিল। অক্সিজেন সমৃদ্ধ হ্যালোজেনের অ্যাসিড গবেষণায়, রসায়নবিদরা অ্যাসিডের মাত্রার ধারণা এবং সেগুলির বিযোজনের মাত্রা সম্বন্ধে অন্তর্দৃষ্টি লাভ করেছিলেন। হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিডগুলির ধর্মের তুলনাটি বিশেষ করে ফলপ্রসূ ছিল। তত্ত্বীয় রসায়নে ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের গবেষণার কার্যকারিতা এর দ্বারা নিঃশেষিত হয় নি।

পরীক্ষামূলক রসায়নের ক্ষেত্রে আমরা একই ছবি দেখতে পাই। হ্যালোজেন বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন যৌগগুলি, বহু জৈবযৌগ প্রস্তুতিতে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ মধ্যবর্তী যৌগ হয়। ঊনবিংশ শতাব্দীতে জৈবযৌগ সংশ্লেষণের দ্রুত উন্নতি এটি সহজসাধ্য করেছিল। খনিজ ও আকরিক থেকে নানা মূল্যবান ধাতু নিষ্কাশনে ক্লোরিনেশান পদ্ধতি ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। অত্যন্ত বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুতিতে আয়োডাইড যৌগগুলি ব্যবহার করা হয়। বিজ্ঞানের স্বতন্ত্র শাখা হিসেবে ফ্লোরিন-রসায়নটি পরিগণিত হয়েছে।

বোরন

মধ্যযুগ থেকে, বোরনযৌগের অন্যতম, সোহাগাকে মানুষ ব্যাপকভাবে ব্যবহার করেছে। সম্ভবত বহু পূর্ব থেকে সোহাগা জানা ছিল। খ্রিস্টীয় প্রথম সহস্রাব্দের প্রথম দিকে ধাতু ঝালাইয়ের কাজে সোহাগার ব্যবহারের কথা উল্লেখ পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক সোহাগার গঠন বহুকাল যাবৎ স্পষ্ট ছিল না। সোহাগাকে সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করে 1702 খ্রিস্টাব্দে বোরিক অ্যাসিডকে প্রথম প্রস্তুত করেন ডাচ ডাক্তার ডবলু, হোমবার্গ (W. Homberg)। "হোমবার্গের প্রশান্তি দায়ক লবণ" (Homberg's sedative salt) নামে ওষুধ হিসেবে এটি ব্যবহৃত হতো। 1747 খ্রিস্টাব্দে ফরাসী রসায়নবিদ থ. ব্যারন (Th. Baron) সোহাগার গঠন নির্ধারণের চেষ্টা করেন। তিনি বুঝেছিলেন যে এতে হোমবার্গের লবণ ও সোডা ছিল। এ বিষয় তিনি সঠিক ছিলেন: বর্তমানে আমরা জানি যে, সোহাগা হলো বোরিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ ($Na_2B_4O_7$)।

বোরনের প্রাথমিক ইতিহাসে সুইডিশ রসায়নবিদ টি. বার্গমানের নামটি

উল্লেখের দাবী করতে পারে। তিনি বিশ্বাস করতেন যে হোমবার্গের লবণ খুব সম্ভবত লবণ নয় কিন্তু অ্যাসিড সদৃশ যৌগ। বাস্তবিক পক্ষে "বোরিক অ্যাসিড' নামটি তিনিই প্রবর্তন করেন। ল্যাভয়সিয়েরের "সরল বস্তুর তালিকায়'' "বোরিক মূলক'' শব্দটির উল্লেখ আছে, যেটি বোরন অক্সাইডকে বোঝায়। রাসায়নিক মৌল, বোরন আবিষ্কার করতে এর পর আরো বিশ বছর কেটে গিয়েছিল।

ফরাসী রসায়নবিদ এল. থেনার্ড এবং এল. জে. গেলুসাক এবং ইংরেজ রসায়নবিদ এইচ. ডেভি প্রভৃতি বিভিন্ন বিজ্ঞানী বোরন আবিষ্কার করেছিলেন। তাঁরা এই নতুন মৌলটির নাম রাখেন "বোরন'' এবং "বোরাসিয়াম'' (বোরাক্স (borax) কথাটি থেকে)। প্রতি ক্ষেত্রে নতুন মৌল প্রস্তুত পদ্ধতি অভিন্ন ছিল: — ধাতব পটাশিয়াম দ্বারা বোরিক অ্যাসিডকে বিজারণ করে। দশদিনের মধ্যে বিভিন্ন গবেষক দ্বারা নতুন মৌলটি আবিষ্কারের ঘটনাটি রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসে অভূতপূর্ব ছিল। 1808 খ্রিস্টাব্দের, 21 জুন তারিখে গেলুসাক ও থেনার্ড তাদের আবিষ্কারটি ঘোষণা করেন এবং ডেভি 30 জুনে। স্পষ্টত, এ ব্যাপারে ফরাসী রসায়নবিদদের অগ্রাধিকার ছিল ক্ষণস্থায়ী, বিশেষত এটা ছিল ডেভির পূর্বতন আবিষ্কার (মৌল পটাশিয়াম প্রস্তুতি), যার জন্যে তাঁরা মুক্ত বোরন প্রস্তুত করতে পেরেছিলেন।

ক্যাডমিয়াম

1817 খ্রিস্টাব্দে, গটিনগেন বিশ্ববিদ্যালয়ের (চিকিৎসা বিভাগের) রসায়নের উপাধ্যায় (Lecturer) এবং হ্যানোভার শহরের রসায়নের দোকানের প্রধান পরিদর্শক এফ. স্ট্রোমেয়ার (F. Stromeyer) লক্ষ্য করেন যে, রসায়নের দোকান থেকে কেনা জিংক-কার্বনেটকে ভস্মীকরণে একটি হলুদ রঙের যৌগ উৎপন্ন হয়, যদিও লোহা বা সীসা কোন অশুদ্ধি এতে আবিষ্কার করা যায়নি।

এই অসাধারণ ঘটনায় স্ট্রোমেয়ার কৌতূহলী হন এবং স্যাল্‌জগিটার (Salzgitter)-এ অবস্থিত ভেষজ প্রতিষ্ঠান পরিদর্শন করতে মনঃস্থ করেন এবং সেখানে তিনি একই ঘটনা লক্ষ্য করেন। এই ঘটনাটি তাঁকে জিংক-অক্সাইড নিয়ে গভীর গবেষণায় প্রণোদিত করে। অপ্রত্যাশিতভাবে স্ট্রোমেয়ার আবিষ্কার করেন যে, জিংক-অক্সাইডে রঙের সৃষ্টি হয় বিস্ময়কর

এক ধাতব অক্সাইডের উপস্থিতির জন্যে, যেটি পূর্বে কখনও লক্ষ্য করা যায়নি। জিংক-অক্সাইড থেকে এই অক্সাইড পৃথক করতে রসায়নবিদটি সফল হন এবং অক্সাইডটিকে বিজারনে ধাতুও প্রস্তুত করেন।

তাঁর প্রস্তুত পদ্ধতিটি নিম্নরূপ ছিল: তিনি অবিশুদ্ধ জিংক অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করেন এবং দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত করেন এবং পরে পরিস্রুত করে সালফাইড মিশ্রণটি জলে ধুয়ে, ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করেন। দ্রবণটিকে বাষ্পীভূত করে অ্যাসিড তাড়িয়ে শুকিয়ে ফেলা হয়। অবশেষটি জলে দ্রবীভূত করে, প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট স্ট্রোমেয়ার দ্রবণটিতে যোগ করেন। নতুন ধাতুটির কার্বনেট যৌগটি অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের উপস্থিতিতে দ্রবীভূত হয় না, তাই স্ট্রোমেয়ার অধঃক্ষেপটিকে পরিস্রুতের দ্বারা পৃথক করে, ধুয়ে, অক্সাইডে পরিণত করেন, যেটিকে কার্বকয়লা দিয়ে উত্তপ্ত করে বিজারণে ধাতু প্রস্তুত করেন। এর ফলে নীলচে সাদা ধাতু পাওয়া গিয়েছিল। যেহেতু স্ট্রোমেয়ারের মাত্র তিন গ্রাম পরিমাণ ধাতু ছিল, তাই তিনি এটির ধর্ম বিশদভাবে গবেষণা করতে পারেননি। 1818 খ্রিস্টাব্দে কেবলমাত্র তিনি এই নতুন ধাতুটির গবেষণায় সফল হন।

এটির প্রস্তুত পদ্ধতি অনুসারে ($ZnCO_3$এর ভস্মীকরণে) স্ট্রোমেয়ার এই ধাতুটির নাম দেন "ক্যাডমিয়া"। প্রাকৃতিক $ZnCO_3$ কে গ্রীক ভাষায় "ক্যাডমিয়া" বলে। এফ. স্ট্রোমেয়ারের থেকে স্বতন্ত্রভাবে এবং কিছু পরে জার্মানির ডবলু. মাইজ্‌নের (W. Maissner) এবং কে. কার্স্টেন (K. Karsten) (1818) ক্যাডমিয়াম আবিষ্কার করেন। জার্মান ডাক্তার কে. রোলোফ (K. Roloff) স্ট্রোমেয়ারের অগ্রাধিকারের সঙ্গে প্রতিদ্বন্দ্বিতা করেছিলেন প্রসঙ্গত, রোলোফ বাণিজ্যিক জিংক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত পদার্থের অদ্ভুত আচরণের দিকে প্রথম মনোযোগ দেন। মৌলটির সালফাইডের রং হলুদ হওয়ার জন্যে কে. কার্স্টেন ধাতুটির নাম দেন "মেলিনাম"। নতুন ধাতুটির নাম "ক্লপরোথিয়াম" (Klaprothium) রাখার প্রস্তাব করা হয়েছিল (এম. ক্লপরথের সম্মানার্থে) বা "ইউনোনিয়াম" (Unonium) (গ্রহাণুর নামের থেকে)। কিন্তু এর কোনটিই সমর্থন পায়নি।

লিথিয়াম

সবচেয়ে হাল্কা ধাতুর ভাগ্যটা বাহ্যিকভাবে ঘটনাবহুল নয়। প্রকৃতিতে আবিষ্কৃত ক্ষারীয় ধাতুর মধ্যে এটি হলো তৃতীয়। ভূত্বকে প্রাপ্তির দিক থেকে



জে. বার্জিলিয়াস

এটি সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের অনেক নিচে আছে। এটির খনিজগুলি বিরল এবং তাই অপেক্ষাকৃতভাবে এটি মানুষের নজরে পরে পড়েছিল।

অষ্টাদশ শতাব্দীর প্রারম্ভে ব্রাজিলিয়ান বিজ্ঞানী এবং কূটনীতিজ্ঞ জে. অ্যান্ড্রেডা ই সিলভা (J. Andrada e Silva) স্ক্যান্ডিনেভিয়ায় ভ্রমণে বেরিয়েছিলেন। আবেগপ্রবণ এই খনিজবিদটি তাঁর সংগ্রহটিকে নতুন নমুনা দিয়ে সমৃদ্ধ করতে চেয়েছিলেন। তাঁর ভাগ্য সুপ্রসন্ন ছিল এবং তিনি দুটি নতুন খনিজ পেয়েছিলেন, যেগুলির নাম রেখেছিলেন পেটালাইট এবং স্পোডুমিন। সুইডেনের অন্তর্গত ইউটো (Uto) নামক দ্বীপে জে. অ্যান্ড্রেডা ই সিলভা খনিজগুলি পেয়েছিলেন। স্পোডুমিন খনিজটি অন্যান্য জায়গায় পরে পাওয়া গিয়েছিল, কিন্তু 1817 সালে ইউটো অঞ্চলে দ্বিতীয় বার পাওয়ার আগে পর্যন্ত এটির অস্তিত্ব সম্বন্ধে সন্দেহ ছিল।

অতএব গবেষণার প্রথম বিষয়বস্তু হয়েছিল স্পোডুমিন। এম. ক্লপরথ এটি নিয়ে গবেষণা করে অ্যালুমিনা ও সিলিকা ছাড়া নতুন কিছু আবিষ্কার করতে পারেন নি। এক কথায় স্পোডুমিন ছিল বিশেষ ধরনের অ্যালুমিনা সিলিকেট। প্রাথমিক অবস্থায় নমুনাটি থেকে প্রাপ্ত উপাদানগুলির মোট ভর শতকরা 9·5 ভাগ কম হয়েছিল এবং এত অধিক পরিমাণ ঘাটতির

ক্লপরথ কোন সন্তোষজনক উত্তর দিতে পারেননি। ইতিমধ্যে তাঁর স্বদেশবাসী আই. নেপোমুক ভন ফুক্স (I. Nepomuk von Fux) অপ্রত্যাশিত আবিষ্কার করেন যে, এক চিমটে পরিমাণ স্পোডুমিন বার্ণারের শিখাকে লাল রঙে পরিবর্তন করে। এই ঘটনার কারণ কিন্তু বিজ্ঞানীটি অনুসন্ধান করার চেষ্টা করেন নি। সেইটে তাঁর ভুল হয়েছিল, তা না হলে স্পোডুমিনে তিনি একটি নতুন মৌল আবিষ্কার করতে পারতেন।

পেটেলাইট দ্বিতীয় বার আবিষ্কারের ফলে এটি মনোযোগ আকর্ষণ করেছিল। এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন এতে অ্যালুমিনা, সিলিকা ছাড়াও ক্ষার ধাতু পেয়েছিলেন, কিন্তু ভুলবশত এটিকে পটাশিয়াম বলে সনাক্ত করেছিলেন। ডবলু. হিজিংগার (W. Hizinger) আকর্ষণীয় এবং ইঙ্গিতপূর্ণ ফলাফল পেয়েছিলেন, কিন্তু এগুলি ব্যাখ্যা করার সুযোগ পাননি। কারণ সুইডিশ রসায়নবিদ আই. আর্ফ্‌ভেড্‌সন (I. Arfvedson) ইতিমধ্যে ঐ একই ফলাফল প্রকাশিত করেছিলেন। ফলে লিথিয়াম আবিষ্কারের গৌরবটি তিনি পেয়েছিলেন। 1818 খ্রিস্টাব্দের 9 ফেব্রুয়ারী জে. বার্জিলিয়াস বিখ্যাত ফরাসী রসায়নবিদ এ. বারথোলেট (A. Berthollet) কে চিঠিতে নিম্নলিখিতভাবে ঘটনাটি জানিয়েছিলেন। তিনি লিখেছিলেন যে, আই. আর্ফ্‌ভেড্‌সন নামে এক যুবক ও দক্ষ রসায়নবিদ একটি নতুন ক্ষারধাতু আবিষ্কার করেছেন, যিনি তাঁর গবেষণাগারে এক বছর ধরে কাজ করেছিলেন। ইউটো অঞ্চলের খনি থেকে আন্দ্রেডা কর্তৃক পেটালাইট নামে পূর্বেই আবিষ্কৃত খনিজ থেকে আর্ফ্‌ভেড্‌সন ক্ষার ধাতুটি আবিষ্কার করেন। খণিজটিতে 80% সিলিকন অক্সাইড, 17% অ্যালুমিনা এবং 3% নতুন ক্ষার ধাতু ছিল। ক্ষারধাতুর গতানুগতিক নিষ্কাশন পদ্ধতি এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়েছিল। এই পদ্ধতিতে চূর্ণিত আকরিকটিকে সোডিয়াম কার্বনেট সহ উত্তপ্ত করে সমস্ত মৃত্তিকাগুলি পৃথক করা হয়।

পেটালাইটকে বিশ্লেষণ করে, আর্ফ্‌ভেড্‌সন প্রথমেই আবিষ্কার করেছিলেন যে, শতকরা 4 ভাগ পরিমাণ বস্তু ঘাটতি হয়। সুইডিশ রসায়নবিদ (তাঁর সময়ে এম. ক্লপরথের ন্যায়) বারে বারে এই প্রশ্নের উত্তর পেতে চেষ্টা করেছিলেন এবং নানাবিধ কল্পনাকে দূরে সরিয়ে দিয়ে অবশেষে সত্যে পৌঁছান যে এটি হলো পূর্বে অজানা নতুন ক্ষার ধাতু। এটি স্পষ্ট ছিল যে এই নতুন ক্ষার ধাতুটি ক্ষার উৎপন্ন করে। মৌলটির একটি নাম ঠিক করে দেবার জন্যে তাঁকে সাহায্য করতে, তিনি তাঁর শিক্ষককে অনুরোধ করেছিলেন এবং বিজ্ঞানীটি এটির নাম "লিথিয়াম" রাখতে

মনঃস্থ করেন (গ্রীক শব্দ লিথিয়োস (lithios মানে "পাথর", যার থেকে এটির নামকরণ হয়েছে)। এই নামটা মনে করিয়ে দেয় যে লিথিয়াম খনিজ থেকে আবিষ্কৃত হয়েছিল, কিন্তু অপর দুটি ক্ষার ধাতু (সোডিয়াম ও পটাশিয়াম) উদ্ভিদ রাজ্য থেকে আবিষ্কৃত হয়েছিল।

1819 খ্রিস্টাব্দে অফ্‌ভেডসন পেটালাইট থেকে লিথিয়াম আবিষ্কারের বিবরণটি প্রকাশ করেন, যদিও 1818 সালের এপ্রিলের মধ্যে বিজ্ঞানী অন্যান্য খনিজ থেকেও নতুন ক্ষার-ধাতুটিকে আবিষ্কার করেছিলেন। স্পোর্ডুমিনের গোপন কথাটি অবশেষে পরিষ্কার হয়েছিল, যে ব্যাপারটি ক্লপরথ ব্যাখ্যা করতে ব্যর্থ হয়েছিলেন: খনিজটিতে 8% লিথিয়াম ছিল। বহুদিন আগে থেকে জানা লেপিডোলাইট নামে আরো একটি খনিজে 4% মত সবচেয়ে হাল্কা ক্ষার-ধাতু পাওয়া গিয়েছিল।

জার্মান রসায়নবিদ কে. গ্মেলিন (K. Gmelin) লক্ষ্য করেছিলেন যে লিথিয়াম লবণ বার্নারের শিখার রংকে সুন্দর লাল করে তোলে (এতে আই. ভন ফুক্স খুব বিরক্ত হন)।

1818 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ডেভি খুব কম পরিমাণে বিশুদ্ধ লিথিয়াম প্রস্তুত করতে সমর্থ হন। 1850 খ্রিস্টাব্দের শেষের দিকে প্রচুর পরিমাণে লিথিয়াম প্রস্তুত সম্ভব হয়েছিল, যখন জার্মান বিজ্ঞানী বুনসেন (Bunsen) এবং মাটিসেন (Matissen) লিথিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি বার করেন।

সেলেনিয়াম

সেলেনিয়াম হলো অপর আর একটি মৌল, আবিষ্কারের পূর্বে যেটির সঙ্গে রসায়নবিদদের সাক্ষাৎ হয়েছিল, কিন্তু অন্যান্য সদৃশ মৌল দ্বারা ঢাকা পড়েছিল বলে সনাক্ত করা যায় নি। গন্ধক ও টেলুরিয়ামের পেছনে "লুকিয়ে" থাকায় সেলেনিয়াম অনাবিষ্কৃত ছিল। 1817 খ্রিস্টাব্দে কেবলমাত্র বিখ্যাত বার্জিলিয়াস এবং তাঁর সহকারী জি. গাহ্‌ন (G. Gahn)-এর কাছে মৌলটি আত্মসমর্পন করে। 23 সেপ্টেম্বর তারিখে গ্রিপ্‌স্‌হলম (Gripsholm)-এ অবস্থিত সালফিউরিক অ্যাসিড কারখানা-টি পরিদর্শন কালে তাঁরা সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে আংশিক লাল ও আংশিক বাদামী রঙের একটি অধঃক্ষেপ পান। ফুৎনলের সাহায্যে শিখার দ্বারা অধঃক্ষেপটিকে উত্তপ্ত করলে মুলোর ন্যায় মৃদু গন্ধ বার হয় এবং

সীসার ন্যায় ধাতব ঔজ্জ্বল্য বিশিষ্ট অপরিষ্কৃত ধাতুতে পরিণত হয়। ক্লপরথের মতে মূলোর ন্যায় গন্ধটা টেলুরিয়ামের উপস্থিতি সূচিত করে। ফালুন (Falun) খনিতে ঐ একই গন্ধ পাওয়া যয়া, যেখানে অ্যাসিড প্রস্তুতিতে সেখানকার পাইরাইটস প্রয়োজন হয়। বাদামী অধঃক্ষেপ থেকে এই বিরল মৌলটিকে আবিষ্কার করার কৌতূহল ও আশায় বার্জিলিয়াস এটি নিয়ে গবেষণা করতে বাধ্য হয়েছিলেন। তিনি, কিন্তু টেলুরিয়াম আবিষ্কার করেননি। তারপর তিনি ফালুন কারখানায় গন্ধকের দহণে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিডের থেকে এই অধঃক্ষেপটি বেশ কয়েক মাস পর সংগ্রহ করেছিলেন এবং তাঁর সংগ্রহের পরিমাণটি বেশ বেশী হয়েছিল। অধঃক্ষেপটি নিয়ে বিশদভাবে বিশ্লেষণ করার পর বার্জিলিয়াস সিদ্ধান্ত করেন যে, টেলুরিয়ামের ন্যায় ধর্ম বিশিষ্ট একটি অজানা ধাতু এতে আছে। গ্রীকশব্দ "সেলেনাস" (Selenus) মানে 'চাঁদ' থেকে এটির নামকরণ করা হয় সেলেনিয়াম, যেমন আমাদের গ্রহটির নমানুসারে টেলুরিয়ামের নামটি রাখা হয়। সেলেনিয়ামের অনেক ধর্ম বার্জিলিয়াস গবেষণা করেছিলেন এবং "ফালুনে গন্ধক নিষ্কাশন কালে পাওয়া নতুন খনিজ পদার্থের গবেষণা" (the Study of a New Mineral Body Found in Sulphur Extracted in Falun) শীর্ষক একটি গবেষণা নিবন্ধে তিনি বিশদভাবে এটি বর্ণনা করেন। এই নিবন্ধটি 1818 খ্রিস্টাব্দে "অ্যানালেস ডি কেমিয়ে এট ডি ফিজিক" (Annales de chimie et de physique) নামে পত্রিকায় প্রকাশিত হয়।

সিলিকন

ভূত্বকে প্রাপ্তির দিক থেকে অক্সিজেনের পরে দ্বিতীয় স্থানে আছে সিলিকন। ভূত্বকে যদিও এটি প্রায় 28% আছে, অর্থাৎ, প্রাচুর্যের দিক থেকে অনেক বেশি, কিন্তু তবুও তা আবিষ্কৃত হতে যথেষ্ট দেরী হয়েছিল। কারণটা হল এই যে, অক্সাইডকে বিজারিত করে সিলিকন প্রস্তুত করা খুব শক্ত।

সাধারণভাবে বলতে গেলে, প্রাচীন কালে জানা মৌলের তালিকায় সিলিকনকে রাখার যথেষ্ট কারণ আছে। সুদূর অতীত থেকে এটির যৌগগুলি জানা ছিল এবং ব্যবহৃত হয়ে আসছে (আদিমকালের মানুষরা সিলিকন যন্ত্রপাতি ব্যবহার করতো, এটি উল্লেখ করাই যথেষ্ট)।

সাধারণভাবে বলতে গেলে, প্রাচীনকালের মৌলের তালিকায় কার্বনকে রেখেছি, কারণ সুদূর অতীত থেকে এটি মুক্ত অবস্থায় জানা আছে। কিন্তু কার্বন যে একটি রাসায়িনক মৌল সেটা পরিষ্কার হয়েছে মাত্র দু'শ বছর আগে। কাঁচ হল একটি সিলিকন পদার্থ। মুক্ত অবস্থায় সিলিকন যেদিন প্রস্তুত করা গিয়েছিল, সেই দিনটাই হলো সিলিকন আবিষ্কারের দিন, কারণ বিজ্ঞানের ইতিহাসে এইটাই প্রচলিত রীতি।

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষের দিকে বিজ্ঞানীদের বিশ্বাস ছিল যে, সিলিকা বা সিলিকামৃত্তিকায় একটি অজানা রাসায়নিক মৌল আছে এবং সেটিকে মুক্ত অবস্থায় আবিষ্কার করতে চেষ্টা করেছিলেন। তড়িৎ প্রবাহ দিয়ে সিলিকাকে বিযোজিত করতে চেষ্টা করেছিলেন এইচ. ডেভি, কিন্তু তিনি ব্যর্থ হয়েছিলেন। যদিও এই পদ্ধতির সাহায্যে তিনি একাধিক ক্ষার-ধাতু ইতিমধ্যেই প্রস্তুত করেছিলেন। লোহিততপ্ত সিলিকন অক্সাইডের ওপর পটাশিয়ামের বাষ্প পাঠিয়ে মুক্ত সিলিকন প্রস্তুতিতেও বিজ্ঞানীটি ব্যর্থ হয়েছিলেন। *1811* খ্রিস্টাব্দে এল. জে. গেলুসাক এবং এল. থেনার্ড এই সমস্যাটির সঙ্গে নিজেদেরকে জড়িয়েছিলেন। তাঁরা লক্ষ্য করেছিলেন যে, ধাতব পটাশিয়াম ও সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইডের মধ্যে সুতীব্রভাবে বিক্রিয়া সংগঠিত হয় এবং এই বিক্রিয়ায় লালচে বাদামী রঙের পদার্থ উৎপন্ন হয়। বিজ্ঞানীরা উৎপন্ন পদার্থটির স্বরূপ অনুধাবন করতে পারেন নি, খুব সম্ভবত এটি অবিশুদ্ধ অনিয়তাকার সিলিকন।

অবশেষে বার্জিলিয়াস, 1823 খ্রিস্টাব্দে সৌভাগ্যের দরজায় পোঁছেছিলেন। সুইডিশ বিজ্ঞানী সিলিকন অক্সাইড, লোহা, কাঠকয়লা মিশ্রিত চূর্ণকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সিলিকন ও লোহার একটি সংকর ধাতু (ফেরোসিলিকন) প্রস্তুত করেন; সেটির গঠনটি তিনি প্রমাণ করতে সক্ষম হয়েছিলেন। মুক্ত সিলিকন প্রস্তুতিতে এল. থেনার্ড এবং এল. জে. গেলুসাকের পরীক্ষাটি তিনি পুনরায় করেন এবং বাদামী রঙের পদার্থ পেয়েছিলেন। গাঢ় বাদামী রঙের অনিয়তাকার ও অদ্রাব্য মুক্ত সিলিকন উৎপন্ন হয়েছিল, সেটিতে পটাশিয়াম সিলিকোফ্লোরাইড অশুদ্ধি হিসেবে বর্তমান ছিল। জল যোগ করার ফলে উৎপন্ন পদার্থ থেকে হাইড্রোজেনের বুদ্বুদ নির্গত হয়। অনেকক্ষণ ধরে ধুয়ে বার্জিলিয়াস সিলিকন থেকে অশুদ্ধি দূর করেন। পটাশিয়াম ফ্লোরো সিলিকেটের সঙ্গে অতিরিক্ত পটাশিয়াম মিশিয়ে ভস্মীকরণ করে সিলিকন প্রস্তুতির আর একটি পদ্ধতি জে. বার্জিলিয়াস প্রস্তাব করেন — এই পদ্ধতিটি অনেক উন্নত

এবং সহজ ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছিল। উৎপন্ন পদার্থটিকে জল দিয়ে বিযোজিত করার ফলে, বিশুদ্ধ অনিয়তাকার সিলিকন পাওয়া যায়। বার্জিলিয়াস দেখিয়েছিলেন যে ভস্মীকরণে সিলিকন সিলিকায় পরিণত হয়। এইটাই বার্জিলিয়াসকে সিলিকনের আবিষ্কারক করেছিল। 1854 খ্রিস্টাব্দে এ. সেন্ট ক্লেইরে ডেভিলে (A. Saint Claire Deville) ধাতব অ্যালুমিনিয়াম পৃথক করার কালে কেলাসিত সিলিকন প্রস্তুত করেছিলেন (১২২ পৃষ্টা দ্রষ্টব্য)। সিলিকনের ল্যাটিন নাম "সিলিসিয়াম" (silicium) "সিলেক্স" (Silex) থেকে এসেছে, যার মানে "শক্ত পাথর"।

অ্যালুমিনিয়াম

অ্যালুমিনিয়াম এমন একটি রাসায়নিক মৌল, যার ইতিহাসটি যথাযথ নয়। ভূত্বকে প্রাপ্তির দিক থেকে অক্সিজেন ও সিলিকনের পরে তৃতীয় স্থানে আছে অ্যালুমিনিয়াম। ভূত্বকের (প্রায় কমপক্ষে 250টি খনিজে) প্রায় প্রত্যেক অংশে পাওয়া গেলেও 1825 খ্রিস্টাব্দে মাত্র অ্যালুমিনিয়াম আবিষ্কৃত হয়। এসত্ত্বেও অ্যালুমিনিয়ামের পরে আবিষ্কার হওয়াটা অপ্রত্যাশিত ব্যাপার নয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অত্যন্ত স্থায়ী যৌগ হওয়াটাই এর কারণ। অক্সাইড যৌগ থেকে অ্যালুমিনিয়ামকে পৃথক করা বর্তমানকালেও বেশ কঠিন, তাই গত শতাব্দীতে এ বিষয় বলার কিছু থাকে না। কাঠ কয়লা ও হাইড্রোজেনের ন্যায় বিজারক পদার্থ অক্সাইড থেকে অ্যালুমিনিয়ামকে পৃথক করতে পারে না। কেবলমাত্র ক্ষার ধাতুগুলি, এবং সর্ব প্রথম পটাশিয়াম "নগর দুর্গ অধিকার করতে" সক্ষম হয়েছিল। এই উদাহরণ থেকেই বোঝা যায় যে, কিছু মৌলের আবিষ্কারের শর্ত হিসেবে অন্য মৌলের আবিষ্কার কেন পূর্বাহ্নে দরকার হয়েছিল: পটাশিয়ামের সাহায্যে মুক্ত অ্যালুমিনিয়াম প্রথম প্রস্তুত করা হয়।

প্রাচীনকাল থেকে অ্যালুমিনিয়ামের অনেক যৌগ মানুষের জানা ছিল। মাটি এবং ইট, অ্যালুমিনোসিলিকেট ছাড়া আর কিছু নয়। অ্যালুমিনা (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড) মানুষের বহু দিনের সঙ্গী, কিন্তু এতে একটি নতুন মৌল আছে তা আবিষ্কার করতে বহু শতাব্দী সময় লেগেছিল। সুদূর অতীত থেকে জানা চুনি, গার্নেট, নীলা পোখরাজ ইত্যাদি মূল্যবান পাথরের অন্যতম প্রধান উপাদান হলো অ্যালুমিনিয়ম। বহুদিন আগের থেকে ফিটকারী জানা ছিল। ল্যাটিন ভাষায় এগুলিকে বলা হতো

"অ্যালুমেন'' — ভবিষ্যতের "অ্যালুমিনিয়াম'' শব্দটির উৎস এটির মধ্যে নিহিত ছিল। অনেকদিন পর্যন্ত ফিটকারীর গঠন নির্ণয় করা যায়নি এবং এগুলি অন্য যৌগের সঙ্গে গোলমাল হয়ে যেত।

1754 খ্রিষ্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ মার্গ্রাফ (Marggraf) এই সমস্যার প্রতি আলোকপাত করতে চেষ্টা করেছিলেন। ফিটকারীর দ্রবণে বিশুদ্ধ ক্ষারীয় পদার্থ যোগে ঘন সাদা অধঃক্ষেপ পেয়েছিলেন, যেটিকে তিনি "ফিটকারী মৃত্তিকা'' বলে অভিহিত করেছিলেন। মার্গ্রাফ এটাও লক্ষ্য করেন যে, এই "মৃত্তিকায়'' সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে ফিটকারী পাওয়া যায়। এভাবে ফিটকারীর গঠন নির্ধারিত হয়েছিল। এবং অবশেষে মাটিতে "ফিটকারী মৃত্তিকা"র উপস্থিতি মার্গ্রাফ পরীক্ষা দ্বারা দেখিয়েছিলেন। ইতিহাস যদি এইটাই ইচ্ছা করে থাকতো, তবে এই মৌলটির আবিষ্কারক হিসেবে মার্গ্রাফ দাবী করতে পারতেন; কিন্তু বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের প্রস্তুতকারক হিসেবে কারুর জন্যে ইতিহাস অপেক্ষা করেছিল। মার্গ্রাফের পরীক্ষার 30 বছর পর এটা স্পষ্ট হয়েছিল যে অ্যালুমিনা হলো একটি অজানা মৌলের অক্সাইড। এটা বলেছিলেন এ. ল্যাভয়সিয়ের, যিনি তাঁর "সরল বস্তুর তালিকায়'' 'ফিটকারী মৃত্তিকাকে' রেখেছিলেন। কিন্তু মুক্ত অবস্থায় মৌলটিকে পৃথক করার কোন চেষ্টা অনেক দিন পর্যন্ত হয় নি।

এইচ. ডেভি এবং জে. বার্জিলিয়াস তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে অ্যালুমিনাকে বিযোজিত করতে চেষ্টা করেন, কিন্তু তাঁরা ব্যর্থ হয়েছিলেন। এই মৌলটির জন্যে "অ্যালুমিনিয়াম'' নামটা এইচ. ডেভি (1807) প্রস্তাব করেন। আন্তর্জাতিক ভাবে এই নাম গৃহীত হয়, যদিও রাশিয়াতে বহুদিন ধরে 'গ্লিনিয়াম'' (glinium) (রুশ ভাষাতে যার মানে মাটি) শব্দটা ব্যবহৃত হয়েছিল।

এইচ. ওরস্টেড (H. Oersted) নামে ডেনিশ ব্যক্তি প্রথম অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করতে সক্ষম হন, যিনি ইতিহাসে রসায়নবিদ অপেক্ষা পদার্থবিদ হিসেবে বরং বেশি পরিচিত ছিলেন। তড়িৎ-প্রবাহের ওপর চুম্বক-ক্ষেত্রের আবেশন ক্রিয়া তিনি আবিষ্কার করেন, কিন্তু বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতিটা তাঁকে দক্ষ রসায়নবিদ বলেও প্রতিপন্ন করেছিল। অ্যালুমিনা ও কাঠকয়লার মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে, তার মধ্যে দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করে ওরস্টেড অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করেন। এর পর উৎপন্ন নতুন পদার্থটিকে পটাশিয়াম-পারদ সংকর ধাতু সহযোগে উত্তপ্ত করে বিজ্ঞানীটি অ্যালুমিনিয়াম-পারদ সংকর ধাতু প্রথম প্রস্তুত করেন। পারদ

সঙ্কর ধাতু থেকে পারাকে পাতন করে দূর করে টিনের ন্যায় দেখতে ধাতুটিকে ওরস্টেড আবিষ্কার করেন। এতে অশুদ্ধি ছিল, তা হলেও এইটিই ছিল ধাতব অ্যালুমিনিয়ামের জন্ম। স্বল্প খ্যাত ডেনিশ জার্নালে ওরস্টেড একটি প্রবন্ধ প্রকাশ করেছিলেন, যেটি বস্তুত বৈজ্ঞানিক জগতে অলক্ষিতই ছিল। ওরেস্টেডের অবদানের খবর অনেক রসায়নবিদের কাছে পৌঁছায়নি। এই জন্যে, কোনও কোনও ইতিহাসবেত্তা বিশ্বাস করতেন যে অ্যালুমিনিয়ামের আবিষ্কারক ওরেস্টেড ছিলেন না, ছিলেন এফ. ভোলার (F. Wohler)।

দুবছর পরে 1827 খ্রিস্টাব্দে অ্যালুমিনিয়াম দ্বিতীয়বার আবিষ্কৃত হয়। নিঃসন্দেহভাবে এফ. ভোলার ওরেস্টেড থেকে অনেক দক্ষ গবেষক ছিলেন এবং তাঁর বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত পদ্ধতিটা অনেক বাস্তবধর্মী ছিল। ডেনিশ বিজ্ঞানীর প্রস্তুত পদ্ধতিটি প্রয়োগ করে ধাতু নিষ্কাশনে ভোলারের প্রথম প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়। পরে তিনি অল্প পরিমাণ অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতে সফল হন। এ ব্যাপারে তিনি তাঁর নিজের পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন: (1) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুতি; (2) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড, কাঠকয়লা ও উদ্ভিজ্জ তেল সহযোগে একটি পেষ্ট প্রস্তুত করা; (3) পেষ্ট ভস্মীকরণ করা এবং অ্যালুমিনিয়াম ও কাঠকয়লার মিশ্রণ প্রস্তুত করা; (4) মিশ্রণের মধ্যে দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করে বিশুদ্ধ অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড $AlCl_3$ প্রস্তুত করা। এই জটিল পদ্ধতির সাহায্যে বিশুদ্ধ পদার্থ পাওয়া সম্ভব হয়েছিল। পটাশিয়াম দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে বিযোজনে সবচেয়ে বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুতিতে বিজ্ঞানীটি সুনিশ্চিত করেন। এফ. ভোলার হলেন প্রথম রসায়নবিদ যিনি অ্যালুমিনিয়ামের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলি বর্ণনা করেন। 1845 খ্রিস্টাব্দে তিনি অ্যালুমিনিয়ামের ধাতুপিন্ড প্রস্তুত করেন।

তাঁর পূর্বসূরির মত ভোলারও বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করতে পারেননি। এ ব্যাপারে শেষ কথা বলে ছিলেন ফরাসী রসায়নবিদ এ. সেন্ট ক্লেইরে ডেভিলে 1854 খ্রিস্টাব্দে তিনি বিজারণ করতে পটাশিয়ামের বদলে সোডিয়াম ব্যবহার করে বিশুদ্ধ ধাতুর নমুনা প্রস্তুত করেন এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিগলিত মিশ্রণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পাদিত করেছিলেন, বুনসেনের (Bunsen) সঙ্গে একই সময়ে: তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতির এইটাই প্রথম নিদর্শন।

অ্যালুমিনিয়ামের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি উদ্ভাবনে এ. সেন্ট ক্লেইরে ডেভিলে ছিলেন পথপ্রদর্শক।

এটা বিশ্বাস করা খুব শক্ত যে, একশো বছর আগেও রুপোর মত দেখতে এই ধাতুটি অত্যন্ত মূল্যবান ছিল এবং এটিকে "মৃত্তিকা রুপো" (clay silver) বলা হতো। অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি জিনিস সোনার জিনিসের থেকে কোন অংশে কমদামী ছিল না। কেবলমাত্র বৈদ্যুতিক শক্তির উৎপাদনে উন্নতি হওয়ায় এবং আলুমিনিয়াম আকরিকের প্রচুর সঞ্চয়গুলি আবিষ্কৃত হওয়ার পরই অ্যালুমিনিয়াম কেবলমাত্র প্রাত্যহিক ব্যবহারের ধাতুতে পরিণত হয়।

থোরিয়াম

1815 খ্রিস্টাব্দে জে. বার্জেলিয়াস মৌলটি আবিষ্কার করেন এবং প্রাচীন স্ক্যানডিনেভিয়ার ঝড়ের দেবতা "থর" (Thor)-এর সম্মানার্থে মৌলটির নামকরণ করেন থোরিয়াম। বিখ্যাত সুইডিশ রসায়নবিদ ব্যাপারটা আগেই অনুমান করেছিলেন: সে বছর তিনি নতুন কোন মৌল আবিষ্কার করতে পারেননি। ফালুন খনি থেকে পাওয়া একটি বিরল খনিজকে তিনি বিশ্লেষণ করেন। তিনি যেটিকে বিশ্লেষণে আবিষ্কার করেছিলেন সেটি একটি অজানা মৌলের অক্সাইড ছিল বলে তিনি বিশ্বাস করেছিলেন। সেই সময়ে বিদ্যমান মৌলের তালিকায় একটি মৌলের নাম যুক্ত করা যুক্তিসঙ্গত বলে বার্জেলিয়াস মনে করেছিলেন। এই আবিষ্কার সম্বন্ধে সমকালের কারুর সন্দেহ প্রকাশ করার সাধ্য ছিল না। কারণ সেই সময় বার্জেলিয়াসের ওপর বিজ্ঞানীদের অশেষ আস্থা ছিল। বার্জেলিয়াসের নিজের কিছু সন্দেহ ছিল এবং যা যথার্থ ছিল: দশ বছর পর এটা দেখানো গিয়েছিল যে, তাঁর পাওয়া অক্সাইডটি ইট্রিয়াম ফসফেট ছিল (বহুদিন আগের থেকে ইট্রিয়াম জানা ছিল)। এইভাবে 1825 খ্রিস্টাব্দে, পূর্বের সাফল্যটি অপ্রীতিকর অবস্থায় এসে পৌঁছেছিল।

এক বছর পর একটি বিরল নরওয়েজিয়ান খনিজ থেকে একটি নতুন মৌলের আবিষ্কারটি এফ. ভোলার উল্লেখ করেন। খনিজটির বর্তমান নাম "পাইরোক্লোরে" (pyrochlore)। এ বিষয়ে ভোলার বিশেষ কোন গুরুত্ব দেননি এবং এটির গবেষণা বন্ধ হয়ে যায়, যেটা ভুল হয়েছিল।

ইতিমধ্যে নরওয়ের সমুদ্র তীরের কাছে লেভেন দ্বীপে জি. এস্‌মার্ক

(G. Esmark) একটি ভারী কালো রঙের খনিজ পেয়েছিলেন। বিজ্ঞানীটি এই খনিজের একট নমুনা বার্জেলিয়াসকে পাঠিয়েছিলেন। বার্জেলিয়াস এটিকে বিশেষভাবে বিশ্লেষণ করেন। 1828 খ্রিস্টাব্দে বার্জেলিয়াস একটি নতুন মৌলের সিলিকেট যৌগ খনিজটি থেকে পৃথক করেছেন বলে উল্লেখ করেন। "থোরিয়াম" — এই পুরোন নামটি উপযোগী বলে প্রমাণিত হয়েছিল। যে খনিজটি থোরিয়াম-2-এর উৎস বলে পরিগণিত হয়েছিল, বার্জেলিয়াস সেটির নাম দিয়েছিলেন "থোরাইট"।

বার্জেলিয়াস যখন থোরিয়ামের ধর্মের গবেষণা করছিলেন, তখন ভোলার ব্যাপারটার দিকে নজর দিলেন এবং বুঝতে পারলেন যে, 1826 খ্রিস্টাব্দে যেটিকে সাক্ষৎ না করে ছেড়ে দিয়েছিলেন, সেই মৌলটি এবং বার্জেলিয়াসের মৌল—দুটি অভিন্ন। ভোলার আরো বেশী হতাশ হয়েছিলেন যখন ছ'বছর পর বিখ্যাত জার্মান বিজ্ঞানী এবং পর্যটক ডবলু. হামবোল্ডট (W. Humboldt) সাইবেরিয়া থেকে পাওয়া পাইরোক্লোরের নমুনাটি তাঁকে দেন। ভোলার এটি থেকে থোরিয়াম আবিষ্কার করেন, যেটি তিনি কয়েক বছর পূর্বেই নরওয়েজিয়ান পাইরোক্লোর থেকে পেয়েছিলেন। এইভাবেই থোরিয়াম ভোলারের সঙ্গে প্রতারণা করেছিল।

জে. বার্জেলিয়াস বিশুদ্ধ থোরিয়াম প্রস্তুত করতে চেষ্টা করেন, কিন্তু সফল হননি। অক্সাইড হিসেবে মৌলটি বহুদিন আগে থেকেই জানা ছিল, কিন্তু মাত্র 1870 খ্রিস্টাব্দে এটি ধাতব অবস্থায় প্রস্তুত করা হয়। ইউরেনিয়ামের পর থোরিয়াম হলো দ্বিতীয় তেজস্ক্রিয় মৌল, যেটি গতানুগতিক রাসায়নিক বিশ্লেষণের দ্বারা আবিষ্কৃত হয়েছিল, তেজস্ক্রিয়তার সঙ্গে যার কোন সম্পর্ক ছিল না।

ভ্যানাডিয়াম

...বহু বহু দিন পূর্বে সুদূর উত্তরাঞ্চলে ভ্যানাডিশ (in the Far North Vanadis) নামে এক সুন্দরী দেবী ছিলেন। একদিন যখন তিনি কেদারায় আরাম করে হেলান দিয়ে বসেছিলেন সেই সময় দরজায় আঘাতের শব্দ শুনেছিলেন। তিনি নিজের মনে ভেবেছিলেন, "তাকে আর একবার আঘাত করতে দাও"। কিন্তু পুনর্বার আঘাত হয়নি এবং কোন একজন চলে যাচ্ছে শুনতে পেলেন। দেবী কৌতুহলী হয়ে উঠলেন, "বিনয়ী ও ভিন্ন প্রকৃতির কে এই আগন্তুক?" তিনি একটি জানালা খুলে বাইরের

দিকে লক্ষ্য করেন। সেই ব্যক্তি ছিলেন বৃদ্ধ ভোলার নিজে। অবশ্যই যিনি একটি পুরস্কারের উপযুক্ত ছিলেন, যদি তিনি আরো বেশী অধ্যবসায়ী হতেন।

কিছু দিন পরে তিনি আবার দরজায় আঘাতের শব্দ শোনেন। কিন্তু এবারে দরজায় আঘাত হয়েই চললো যতক্ষণ না তিনি দরজা খুললেন। নিলস সেফ্‌স্ট্রম (Nils Sefström) দেবীর মুখোমুখি হলেন। তাঁরা পরস্পরের প্রেমে পড়েছিলেন এবং তাঁদের সন্তানের নাম তাঁরা ভ্যানাডিয়াম রেখেছিলেন, যা ছিল একটি নতুন মৌলের নাম...

1831 খ্রিস্টাব্দে 28 জানুয়ারী সুইডিশ রসায়নবিদ বার্জিলিয়াস এফ. ভোলারকে লেখা চিঠিতে আবিষ্কারের ইতিহাসটি এইভাবে বর্ণনা করেছিলেন। গল্পটা বরং একটু অস্বাভাবিক ছিল এবং ভ্যানাডিয়ামের বিভিন্ন রঙের লবণ উৎপাদনের ক্ষমতাটি এব্যাপারে সামান্যতম ভূমিকাতেও অংশ নেয়নি।

সিমাপান (Cimapan) নামে মেক্সিকোর এক গ্রামের কাছে সীসার আকরিকের সন্ধান পাওয়া গিয়েছিল এবং 1801 খ্রিস্টাব্দে, অ্যানড্রস ম্যানুয়েল ডেল রিয়ো (Andres Manuel del Rio) নামে মেক্সিকো সিটির খনিজবিদ্যা বিভাগের এক অধ্যাপকের হাতে এটির একটি নমুনা পড়ে। দক্ষ বিশ্লেষক এই বিজ্ঞানীটি নমুনাটিকে নিয়ে গবেষণা করেন এবং এই সিদ্ধান্তে এসে পৌঁছেছিলেন যে ক্রোমিয়াম ও ইউরেনিয়ামের সদৃশ একটি নতুন মৌল এই নমুনাটিতে আছে। ডেল রিয়ো এই মৌলটির একাধিক যৌগ প্রস্তুত করেছিলেন, যেগুলি প্রত্যেকটি বিভিন্ন রঙের ছিল। বিজ্ঞানীটি মৌলটির নাম রাখেন "প্যানক্রোমিয়াম" (panchromium), গ্রীক ভাষায় যার মানে "সর্ব রঙে রঞ্জিত হওয়া"। কিন্তু পরে পরিবর্তন করে রাখেন "এরিট্রোনিয়াম" (erytronium), যার মানে "লাল", কারণ নতুন মৌলটিকে অনেক উত্তপ্ত করলে লাল হয়ে উঠে। ইউরোপিয় রসায়নবিদদের কাছে ডেল রিয়োর নামটা তেমন জানা ছিল না, যারা ডেল রিয়োর কাজের সম্বন্ধে অবগত হওয়ার পর সন্দেহ প্রকাশ করেছিলেন। মেক্সিকান খনিজবিদ নিজে আত্মবিশ্বাস হারিয়ে ফেলেন এবং এরিট্রোনিয়াম সম্বন্ধে গবেষণা চলা কালে তিনি কার্যত তাঁর আবিষ্কারটি এই বলে "বন্ধ" করে দেন যে, বস্তুটি লেড ক্রোমেট ছাড়া আর কিছুই নয়। "সিমাপানে প্রাপ্ত সীসার আকরিক থেকে ক্রোমিয়াম আবিষ্কার" (The Discovery of Chromium in Lead Ore from Cimapan) শীর্ষক একটি নতুন নিবন্ধ ইউরোপে তিনি পাঠান।

প্যারিসের এইচ. কোলেট-ডেস্কোটিস (H. Collet-Descoties) 1809 খ্রিস্টাব্দে আকরিকটি বিশ্লেষণ করেন এবং প্রমাণ করেন যে মেক্সিকান বিজ্ঞানীর সিদ্ধান্তটি ভুল ছিল, কেননা প্রকৃত পক্ষে ডেল রিয়ো ভ্যানাডিয়াম আবিষ্কার করেন। ডেল রিয়ো তাঁর ফলাফল সম্বন্ধে কেন আস্থাবান ছিলেন না, সেটা ব্যাখ্যা করা মুশকিল। 1832 খ্রিস্টাব্দে ভ্যানাডিয়াম দ্বিতীয় বার আবিষ্কৃত হওয়ার পর তিনি খনিজবিদ্যার ওপর একখানি পাঠ্য বই লেখেন। সেখানে তিনি বলেন যে, তাঁর আবিষ্কৃত ধাতুটি ভ্যানাডিয়াম ছিল, ক্রোমিয়াম নয়। কিন্তু ভ্যানাডিয়াম আবিষ্কারের গৌরবটি সুইডিশ রসায়নবিদ এন. সেফ্স্ট্রমের কাছে চলে গিয়েছিল।

টাবার্গ (Taberg) খনি থেকে পাওয়া লোহার আকরিক থেকে সেফ্স্ট্রম 1830 খ্রিস্টাব্দে অল্প পরিমাণে একটি নতুন মৌল প্রস্তুত করেন। নতুন মৌলটি আবিষ্কারের কিছু পূর্বে এফ. ভোলার সিমাপান অঞ্চলের সীসার আকরিক নিয়ে গবেষণা করেন, যে আকরিক থেকে ত্রিশ বছর আগে ডেল রিয়ো "এরিথ্রোনিয়াম" আবিষ্কার করেন। 1831 খ্রিস্টাব্দে 2 জানুয়ারী ভোলার জে. লাইবিগকে চিঠিতে জানান যে, আকরিকটিতে তিনি ইতিমধ্যে কিছু একটা নতুন জিনিস পেয়েছিলেন। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্প নিয়ে কাজ করতে গিয়ে, বিষের প্রভাবে ভোলার অসুস্থ হয়ে পড়লে বেশ কয়েক মাস ধরে তিনি কাজ করতে পারেন নি। এন. সেফ্স্ট্রমের আবিষ্কারের কথা শুনে তিনি কি পরিমাণ হতাশ হয়েছিলেন, তা যে কেউ অনুমান করতে পারে। জে. বার্জেলিয়াস তাঁর বন্ধুকে সান্তনা দিতে তাঁর কাছ চিঠি লেখেন যে, রসায়নবিদ একটি জৈব যৌগ সংশ্লেষণের পদ্ধতি আবিষ্কার করেছেন (ভোলারের ইউরিয়া সংশ্লেষণ), তিনি নতুন মৌল আবিষ্কারের অগ্রাধিকার সহজেই পরিত্যাগ করতে পারেন কারণ তাঁর কাজের গৌরব হলো দশটি নতুন মৌল আবিষ্কারের গৌররের সমতুল্য। স্ক্যান্ডিনেভিয়ার সৌন্দর্যের দেবী ভ্যানাডিশের নামানুসারে জে. বার্জেলিয়াস এবং এন সেফস্ট্রম এই মৌলটির নাম রাখেন ভ্যানাডিয়াম। ইতিমধ্যে ভোলার মেক্সিকান আকরিক নিয়ে গবেষণায় এই বলে শেষ করেন যে এটিতে ভ্যানাডিয়াম ছিল, কিন্তু এটিতে ক্রোমিয়াম ছিল না, যেটি ডেল রিয়ো বিশ্বাস করতেন। পরে এই খনিজটির নাম হয়েছিল "ভ্যানাডিনাইট", যেটি পৃথিবীর বিভিন্ন অংশে পাওয়া গিয়েছিল। জে. বার্জেলিয়াস এবং এন. সেফ্স্ট্রম ভ্যানাডিয়াম নিয়ে গবেষণা চালিয়ে গিয়েছিলেন এবং সিদ্ধান্ত করেন যে, ভ্যানাডিয়াম ক্রোমিয়ামের সদৃশ মৌল। ধাতব ভ্যানাডিয়াম প্রস্তুতিতে তাঁদের চেষ্টা সফল

হয়নি এবং কিছু কাল ধরে এটা মনে হয়েছিল যে ধাতুটি প্রস্তুত করার জন্য অক্সাইড বা নাইট্রাইড নেওয়াটা ঠিক হয়নি। ভ্যানাডিয়াম গল্পের শেষ অধ্যায়ে ইংরেজ রসায়নবিদ এইচ. রস্কোই (H. Rockoe)-এর নামটা চলে আসে। 1860 খ্রিস্টাব্দে তিনি ভ্যানাডিয়ামের রাসায়নিক ধর্মের বিষয়ে বিশদ ভাবে গবেষণা করেন এবং দেখান যে এই মৌলটি ক্রোমিয়াম বা ইউরেনিয়ামের সঙ্গে সদৃশ ছিল না। এক দিকে ভ্যানাডিয়াম, নায়োবিয়াম এবং ট্যান্টালামের সঙ্গে সদৃশ ছিল এবং অন্যদিকে ফস্‌ফরাস শ্রেণীর মৌলদের সঙ্গেও সদৃশ ছিল। 1869 খ্রিস্টাব্দে রস্কোই ধাতব ভ্যানাডিয়াম প্রস্তুত করতে সক্ষম হন। দ. ই. মেন্ডেলেয়েভ, এই বিজ্ঞানীটির কাজের ভূয়সী প্রশংসা করেন এবং বিশ্বাস করেন যে, পর্যায় নিয়ম আবিষ্কারের ক্ষেত্রে এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল।

অধ্যায় 5

তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি দ্বারা আবিষ্কৃত মৌলসমূহ

এই ছোট অধ্যায়ে দুটি ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম ও পটাশিয়াম এবং দুটি ক্ষারীয় মৃত্তিকা-ধাতু ম্যাগনেশিয়াম ও ক্যালসিয়াম নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথম দশকে এগুলি সরাসরি মুক্ত অবস্থায় আবিষ্কৃত হয়েছিল। বহু প্রাচীনকাল থেকে এই সব ধাতুর যৌগগুলি জানা ছিল। খাবার লবণ, পটাশ, চুন বা ম্যাগনেশিয়া কখন থেকে ব্যবহার করা হচ্ছে, সেটা মোটামুটি ভাবে বলাও সম্ভব নয়। এই সব যৌগগুলির বর্তমান ধাতুগুলি আবিষ্কৃত হওয়ার বহু পূর্ব থেকে এই যৌগগুলি মানুষের সঙ্গী ছিল।

"সরল বস্তুর তালিকায়" ল্যাভয়সিয়ের চুন ও ম্যাগনেশিয়াকে রেখেছিলেন, কিন্তু সোডিয়াম ও পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইডগুলিকে বাদ দিয়েছিলেন। তিনি বিশ্বাস করতেন যে এগুলির গঠন জটিল এবং এগুলির স্বরূপটি আরো গবেষিত হওয়া প্রয়োজন। যে কেউ বলতে পারে যে, ইতিহাস এই সব মৌলের ক্ষেত্রে সুবিচার করেনি — যেমন বেরিয়ামকে উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে, ধাতব অবস্থায় বেরিয়াম ঐ সকল ধাতব মৌলদের সঙ্গে একই সময় পাওয়া গেলেও তা অনেক আগে আবিষ্কৃত হয়েছিল। কিন্তু ইতিহাস হলো স্বেচ্ছাচারী রমণী। সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়ামের আবিষ্কার বেশ চিত্তাকর্ষক এই কারণে যে, তড়িৎ-প্রবাহের সফল ব্যবহারের জন্যে সর্বপ্রথম এটা সম্ভব হয়েছিল। এটি তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতির জন্মকে চিহ্নিত করে, যেটি রাসায়নিক বিশ্লেষণের এক সহায়ক পদ্ধতি। পরবর্তীকালে, গলিত যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা অন্যান্য ধাতু প্রস্তুতও সম্ভব হয়েছিল, যেগুলি তাদের যৌগ থেকে পূর্বে আবিষ্কৃত হয়েছিল।

এই কারণে, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের

আবিষ্কারের ইতিহাসের জন্যে একটি পৃথক অধ্যায়ে মনোনিবেশ করাটা আমরা যুক্তিযুক্ত বলে মনে করি। ঘটনার সময়কাল মাত্র দু'বছর এবং তড়িৎ-রসায়নের অন্যতম প্রতিষ্ঠাতা এইচ. ডেভি ছিলেন মুখ্য ভূমিকায়।

সোডিয়াম এবং পটাশিয়াম

বহু পূর্ব থেকে সোডিয়াম এবং পটাশিয়াম যৌগগুলি মানুষের জানা ছিল। কাপড় কাচার জন্যে মিশরে এইসব মৌলের কার্বনেট যৌগ ব্যবহৃত হতো। বহুল ব্যবহৃত সোডিয়াম যৌগের অন্যতম, খাদ্যলবণ বহু প্রাচীনকাল থেকে খাদ্যে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। কোন কোন দেশে এই যৌগটি বেশ দামী ছিল এবং কখনও কখনও নুনের খনির অধিকার নিয়ে অনেক যুদ্ধ হতো। লবণহ্রদ থেকে সাধারণত সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হতো, কিন্তু গাছের ছাইকে প্রক্ষালিত করে পটাশিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হতো। এই কারণে প্রথমটিকে খনিজ ক্ষার এবং পরেরটিকে উদ্ভিজ্জ ক্ষার বলে। মধ্যযুগে কিমিয়াবিদ গেবার (Geber) অ্যালকালি (ক্ষার) কথাটির প্রবর্তন করেন, যদিও তিনি দুটি কার্বনেটের মধ্যে কোন পার্থক্য করেননি। 1683 খ্রিস্টাব্দে এগুলির স্বরূপের পার্থক্য প্রথম উল্লেখ করা হয়। ডাচ বিজ্ঞানী আই. বন (I. Bon) লক্ষ্য করেন যে, একই কাজে সোডা এবং পটাশ ব্যবহার করলে, অধঃক্ষিপ্ত কেলাসের আকৃতির পার্থক্য হয়, এবং সে পার্থক্য প্রাথমিক পদার্থের ওপর নির্ভর করে।

1702 খ্রিস্টাব্দে জি. স্টহ্‌ল (G. Stahl) কিছু সোডিয়াম ও পটাশিয়াম যৌগের কেলাসের পার্থক্য লক্ষ্য করেন। সোডা ও পটাশকে সনাক্ত করতে এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ পদক্ষেপ। 1736 সালে ফরাসী রসায়নবিদ এ. ডি. মনসেয়ান (A. de Monsean) প্রমাণ করেন যে খাদ্যলবণ, গ্লবার লবণ ও সোহাগায় সব সময় সোডা থাকে। সোডার আম্লীক (acidic) উপাদানটি জানা ছিল, তাই ক্ষারকীয় উপাদানের প্রকৃতিটা খুবই গুরুত্বপূর্ণ ছিল। মনসেয়ানের অনুসারে, সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোডা গ্লবারলবণ উৎপন্ন করে, নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ঘনকাকার সল্টপিটার (সোরা) (সোডিয়াম নাইট্রেট) এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে একাধিক সমুদ্র-লবণ উপৎন্ন করে। সোডা হলো সমুদ্র-লবণের মূল কারণ, এট বলাই কি যথেষ্ট নয়?

রসায়নবিদরা অনেক দিন আগের থেকে সন্দেহ করে আসছেন যে ক্ষারীয় মৃত্তিকা হলো ধাতব অক্সাইড। ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথমদিক পর্যন্ত সোডা ও পটাশের স্বরূপ সম্বন্ধে গবেষণা করা হয় নি। এ বিষয়ে এমনকি ল্যাভয়সিয়েরের পর্যন্ত কোন ধারণা ছিল না। সোডা ও পটাশের মূল উপাদান কী ছিল তা তিনি জানতেন এবং নাইট্রোজেন একটা উপাদান হতে পারে বলে মনে করতেন। সোডিয়াম, পটাশিয়াম, অ্যামোনিয়াম লবণের সাদৃশ্যের জন্যে এমন বিভ্রান্তি হয়ে থাকতে পারে।

এই উপাদানগুলি নির্ধারণের কৃতিত্বের অধিকারী ছিলেন এইচ. ডেভি। প্রথম দিকে তিনি একাধিকবার অকৃতকার্য হন: গ্যালভানিক তড়িৎ-কোষের সাহায্যে সোডা এবং পটাশ থেকে তিনি ধাতু পৃথক করতে পারেন নি। কিন্তু শীঘ্র বিজ্ঞানীটি তাঁর ভুল বুঝতে পেরেছিলেন — তিনি সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করেছিলেন, কিন্তু তাতে উপস্থিত জল বিয়োজনে বাধা সৃষ্টি করেছিল। 1807 খ্রিস্টাব্দে ডেভি অনার্দ্র পটাশকে গলিয়ে ফেলতে মনঃস্থ করেন এবং যখন তিনি গলিত অ্যালকালি হাইড্রক্সাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ আরম্ভ করেন, তখন গলিত পদার্থের মধ্যে নিমজ্জিত ঋণাত্মক তড়িদদ্বারে পারার ন্যায় ধাতব ঔজ্জ্বল্যবিশিষ্ট ছোট গোলাকার পদার্থ জমতে দেখেছিলেন। কিছু গোলাকার বস্তু তৎক্ষণাৎ বিস্ফোরণ সহকারে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে উঠছিল এবং কিছু জ্বলে উঠছিল না, কিন্তু সাদা আবরণে ঢেকে গিয়ে মলিন হয়ে পড়ছিল। ডেভি সিদ্ধান্ত করেন যে, একাধিক পরীক্ষা এইটাই প্রমাণ করে যে ঐ পদার্থগুলি হলো সেই বস্তু যাকে তিনি খুঁজছিলেন এবং এই পদার্থটি হলো অত্যন্ত দাহ্য পটাশিয়াম ধাতু।

এই ধাতুটিকে নিয়ে ডেভি বিশদভাবে গবেষণা করেছিলেন এবং লক্ষ্য করেছিলেন যে জলের সঙ্গে বিক্রিয়াকালে উৎপন্ন শিখাটি জলের থেকে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের দহণের জন্যে সৃষ্টি হয়। পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইড থেকে উৎপন্ন ধাতুটি নিয়ে গবেষণা করার পর, একই পদ্ধতি ব্যবহার করে তিনি সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড নিয়ে গবেষণা আরম্ভ করেন এবং অন্য একটি ক্ষারীয় ধাতু পৃথক করতে সক্ষম হন। বিজ্ঞানীটি লক্ষ্য করেছিলেন যে এটিকে প্রস্তুত করতে পটাশিয়ামের বেলায় যতটা, তার থেকে অনেক শক্তিশালী তড়িৎ-কোষের প্রয়োজন হয়। যাহোক, উভয় ধাতুর ধর্মগুলি সদৃশ বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল।

অল্প সময়ে মধ্যে বিজ্ঞানীটি সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের ধর্মগুলি সতর্কতার সঙ্গে গবেষণা করেন। সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের মৌল

প্রকৃতিটির সম্বন্ধে অনেক বিজ্ঞানী সন্দেহ প্রকাশ করেন এবং বিশ্বাস করতেন যে এগুলি আসলে ক্ষারগুলির হাইড্রোজেন যৌগ। যাহোক গেলুসাক এবং থেনার্ড নিঃসন্দেহভাবে প্রমাণ করেন যে ডেভি, সত্যি সরল বস্তু পেয়েছিলেন।

ম্যাগনেশিয়াম

সুদূর অতীত থেকে অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌, ট্যাল্কাম, ডলোমাইট এবং নেফ্রাইট ইত্যাদি ম্যাগনেশিয়াম যৌগগুলি জানা ছিল এবং বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হতো। এগুলি পৃথক পৃথক বস্তু হিসেবে চিহ্নিত হয় নি, কিন্তু বিভিন্ন রূপের চুন বলে মনে করা হতো।

1618 খ্রিস্টাব্দে ইংলণ্ডের ইপসম (Epsom) নামক জায়গায় এইচ. উয়িকার (H.Wiker) খনিজ পদার্থ ঘটিত ঝরণা আবিষ্কার করেন। 1695 খ্রিস্টাব্দে ইপসমের ঝরণার জলে কটু স্বাদযুক্ত একটি লবণ (ম্যাগনেশিয়াম সালফেট) আবিষ্কৃত হয় এবং পরে এটি ওষুধে ব্যবহৃত হতো।

বিজ্ঞানীরা প্রতিপন্ন করেছিলেন যে, সমুদ্রজল থেকে নিষ্কাশিত লবণের বিশুদ্ধকরণে পাওয়া শেষ দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে কৃত্রিম ইপসম লবণ প্রস্তুত করা সম্ভব।

1808 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ডেভি প্রথম ধাতব ম্যাগনেশিয়াম (যদিও যথেষ্ট বিশুদ্ধ ছিলনা এবং অল্প পরিমাণে) প্রস্তুত করেন। তিনি একাজে সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের ন্যায় একই পদ্ধতি ব্যবহার করেছিলেন। ফরাসী রসায়নবিদ এ. বুসি (A. Bussy) 1831 সালে প্রচুর পরিমাণে বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করেন। "ম্যাগনেশিয়া" থেকে ধাতুটির নামকরণ করা হয়েছিল।

ক্যালসিয়াম

বহুকাল আগের থেকেই অনেক ক্যালসিয়াম খনিজ, যেমন চুনাপাথর, জিপসাম অ্যালাবেস্টার জানা ছিল। খনিজগুলি প্রধানত কার্বনেট ও সালফেট যৌগ ছিল। প্রাচীনকালে চুনাপাথর থেকে কেমন করে ভস্মীকরণ দ্বারা চুন প্রস্তুত করা যায় তা মানুষ অনেক অগেই জানতো এবং প্লিনি দি এল্ডার ব্যাপারটা উল্লেখ করেছেন। 1755 খ্রিস্টাব্দে কেবলমাত্র জে. ব্ল্যাক দেখান যে, ভস্মীকরণকালে কেবলমাত্র বদ্ধ বাতাসের (কার্বন ডাই অক্সাইড) অপসারণের জন্য ওজন (ভর) হ্রাস পায়।

প্রাচীন কালে "অ্যালাবেস্টার" নামটি দিয়ে দুটি খনিজকে বোঝান হতো। সে দুটির মধ্যে একটি ছিল এক বিশেষ রূপে ক্যালসিয়াম সালফেট এবং যার ক্ষেত্রে নামটা আজও বেঁচে আছে, কিন্তু মিশরে অ্যালাবেস্টার বলতে এক বিশেষ ক্যালসাইটকে (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) বোঝান হতো।

বাড়ীঘর ইত্যাদি নির্মাণ কাজে জিপসাম প্রাচীনকাল থেকে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। পিরামিড, মন্দির, বৃহৎ অট্টালিকায় জিপসামভিত্তিক দ্রবণের ব্যবহার দেখা যায়। থিয়োফ্রাস্টোস দুটি খনিজের ক্ষেত্রে "জিপসাম" নামটা ব্যবহার করেন: একটি হলো জিপসাম নিজে এবং অপরটি হলো এটির আংশিক জল-বিযুক্ত পদার্থ। 1776 খ্রিস্টাব্দের আগে রসায়নবিদ আই. পট্ (I. Pott) বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের বর্ণনা দিয়েছেন। কিন্তু বিভিন্ন বিজারক পদার্থ ব্যবহারে এটি থেকে ধাতু প্রস্তুতের চেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল।

এইচ. ডেভি সঠিক পথটি বলেছিলেন। কেরাসিন দিয়ে ঢেকে বাতাসের থেকে সংযোগ বিচ্ছিন্ন-করা অবস্থায় আর্দ্র মৃত্তিকায় তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে ডেভি প্রথম ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করতে চেষ্টা করেছিলেন (ঐ একইভাবে তিনি বেরিয়াম ও স্ট্রনশিয়াম পেয়েছিলেন)। এই পরীক্ষার ফলে ডেভি বিশুদ্ধ ক্ষারীয় মৃত্তিকা-ধাতুর প্রস্তুত পদ্ধতির উন্নতি করেছিলেন। তিনি আর্দ্র মৃত্তিকার সঙ্গে 1/3 অংশ পরিমাণ (ভর) মারকারী অক্সাইড মিশিয়ে প্ল্যাটিনাম পাত্রে নিয়েছিলেন এবং পাত্রটির সঙ্গে উচ্চ বিভব বিশিষ্ট কোষের ধনাত্মক মেরুটিকে যুক্ত করেন। এরপর তিনি মিশ্রণটির মধ্যে এক ফোঁটা পারা রেখেছিলেন এবং একটি প্ল্যাটিনাম তড়িদ্দ্বার এই পারা ফোঁটার ওপর রেখেছিলেন, যার সঙ্গে কোষের ঋণাত্মক মেরুটি যুক্ত করেন। এর ফলে ধাতুটির পারদ সংকর উৎপন্ন হয়, যার থেকে পারাকে পৃথক করে ফেললে রূপার ন্যায় সাদা ধাতু পাওয়া যায়। 1808 খ্রিস্টাব্দে ডেভি বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করেন। ঐ একই বছর জে. বার্জিলিয়াস এবং এম. পন্টিন (M. Pontin) ডেভির থেকে স্বাধীনভাবে এবং একই পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করেছিলেন। চুনের ল্যাটিন নাম "ক্যাল্‌ক্স" (Calx) থেকে মৌলটির নামকরণ করা হয়েছিল।

অধ্যায় 6

বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা আবিষ্কৃত মৌলসমূহ

ঊনবিংশ শতাব্দীর এমন কোন দশক ছিল না যে সময় রাসায়নিক মৌলের তালিকায় নতুন নাম সংযোজিত হয় নি, কোন কোন সময় অনেক নাম সংযোজিত হয়েছিল। অষ্টাদশ শতাব্দীর পাঁচের দশকটি এর ব্যতিক্রম ছিল, এই সময়ে নতুন একটাও মৌল আবিষ্কৃত হয় নি। এটা খুবই বিস্ময়ের ব্যাপার: বৈশ্লেষিক রসায়ন ইতিমধ্যে তার যথাসাধ্য সব কিছু করেছিল। যে মৌলগুলি আবিষ্কার করতে অন্য কোন সূক্ষ্ম কৌশলের প্রয়োজন ছিল, এই সময়ে নতুন একটাও মৌল আবিষ্কৃত হয় নি। এটা খুবই বিস্ময়ের রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে আবিষ্কার করা সম্ভব হয়েছিল। আবিষ্কৃত মৌলটি হয় মুক্ত অবস্থায় প্রচুর পরিমাণে ছিল, না হয় বিরল মৌলবিশিষ্ট খনিজটি আবিষ্কার করার ব্যাপারে বিজ্ঞানীরা ভাগ্যবান ছিলেন। ঊনবিংশ শতাব্দীর মাঝ পর্যন্ত প্রায় 60টা মৌল জানা হয়ে গিয়েছিল।

1859—1860 খ্রিস্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী আর. বুনসেন (R. Bunsen) এবং জি. কিরচফ (G. Kirchoff) কর্তৃক উদ্ভাবিত বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতিটা নতুন মৌল আবিষ্কারের ইতিহাসের ঘুমন্ত অবস্থাটির পরিসমাপ্তি ঘটিয়েছিল। সঙ্গে সঙ্গে নতুন মৌল আবিষ্কারের ঘটনা প্রকাশিত হতে লাগলো, যেগুলি নতুন বর্ণালিরেখার সাহায্যে নিজেদের অস্তিত্ব ঘোষণা করেছিল। চারিটি রাসায়নিক মৌল (সিজিয়াম, রুবিডিয়াম, থ্যালিয়াম এবং ইণ্ডিয়াম) বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে আত্মপ্রকাশ করেছিল।

সিজিয়াম

বিরল ক্ষারীয় ধাতু সিজিয়ামই হলো প্রথম রাসায়নিক মৌল যার পৃথিবীতে উপস্থিতিটা বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে প্রমাণিত হয়েছিল, যদিও

এই মৌলটির ভাগ্য অন্য রকম হতে পারতো। সেই 1846 খ্রিস্টাব্দে এ. ব্রেইথাউপ্ট (A. Breithaupt) এলবা (Elba) দ্বীপে পাওয়া খনিজ ও আকরিকগুলি নিয়ে গবেষণাকালে রঙীন কোর্টজাইটের একটি নমুনা লক্ষ্য করেছিলেন, যেটিকে তিনি নাম দিয়েছিলেন পোলুক্স (pollux) বা পলিসাইট (polycite)। ফ্রেইবার্গ (Freiberg) অঞ্চলের জার্মান রসায়নবিদ কে. প্লাট্‌নার (K. Plattner)-এর হাতে পোলুক্সের নমুনা পড়েছিল, যিনি ছিলেন মাইনিং অ্যাকাডেমির ধাতুবিদ্যা বিভাগের অধ্যাপক। প্লাট্‌নারের হাতে অল্প পরিমাণ পোলুক্স খনিজটি ছিল, যেটি শুধু মাত্র একটি বৈশ্লেষিক পরীক্ষা করার পক্ষে যথেষ্ট ছিল। খনিজটির উপাদানগুলি পৃথক করার পর প্লাট্‌নার নতুন কিছু পাননি, কিন্তু বিস্ময়ের সঙ্গে তিনি লক্ষ্য করেন যে, উপাদানগুলির মোট যোগফল মাত্র শতকরা 92·75 ভাগ হয়েছিল। অবশিষ্ট অংশের অনুপস্থিতির কারণটা অস্পষ্টই রয়ে গেল কারণ প্লাট্‌নারের হাতে পোলুক্স খনিজটির আর কোন অংশ ছিল না। যাহোক, বিজ্ঞানীটি নিম্নলিখিত ব্যাপারগুলি প্রমাণিত করেছিলেন: সমস্ত জানা সিলিকেট খনিজের মধ্যে পোলুক্সে ক্ষার-ধাতুর পরিমাণ সর্বাধিক। এটা এখন স্পষ্ট যে, প্রচুর পরিমাণ সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের আড়ালে সহজেই সিজিয়াম ঢাকা পড়ে গিয়েছিল এবং প্লাট্‌নার এটি নিষ্কাশন করতে পারেননি।

1860 খ্রিস্টাব্দে আর. বুনসেন এবং জি. কির্‌চফ খনিজ পদার্থ ঘটিত ঝরণার জলের রাসায়নিক সংযুক্তি বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে গবেষণা করেন। ডুর্খেইম (Dürkheim)-এর খনিজ পদার্থ ঘটিত জলের থেকে ক্যালসিয়াম, স্ট্রনশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম ও লিথিয়াম অপসারণের পর এক ফোঁটা দ্রবণকে বাষ্পীভূত করার পর বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে পরীক্ষা করা হয় এবং বিজ্ঞানীদ্বয় কাছাকাছি অবস্থিত দুটি উজ্জ্বল নীল রেখা লক্ষ্য করেন। একটি রেখা প্রায় স্ট্রনশিয়ামের রেখার সঙ্গে সদৃশ ছিল, বুনসেন ও কিরচ্‌ফ দৃঢ়ভাবে বলেন, যেহেতু কোন কোন জানা বস্তুর এরকম বর্ণালি রেখা হয় না, অতএব এটি একটি অজানা বস্তুর হতেই হবে এবং যেটি ক্ষারীয় ধাতু শ্রেণী অন্তর্গত মৌল। ল্যাটিন শব্দ "সিজিয়াস" (caesius) থেকে তাঁরা এই মৌলটির নাম সিজিয়াম (চিহ্ন Cs) রাখার প্রস্তাব করেন: প্রাচীনকালে এই শব্দটি ঊর্ধাকাশের নীলভাবটা বোঝাতে ব্যবহার করা হতো। সোডিয়াম, লিথিয়াম ও স্ট্রনশিয়াম মিশ্রণের একমিলিগ্রামের দশলক্ষ ভাগের কয়েকভাগ মাত্র সিজিয়াম থাকলেও সিজিয়ামের সুন্দর নীল রেখা দিয়ে মিশ্রণে এটির উপস্থিতি প্রমাণ করতে সাহায্যে করে।

1860 খ্রিস্টাব্দে 11 এপ্রিল বুনসেন নতুন ক্ষারীয় ধাতুর গবেষণা সম্বন্ধে জি. রোস্কোই (G. Roskoe) কে (আলোক-রসায়নে যিনি তাঁর সহযোগী ছিলেন) একটা চিঠি লেখেন। 10মে তিনি বার্লিন অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসে সিজিয়াম আবিষ্কারের বিবরণ পেশ করেন। ছ'মাসপর প্রায় 50 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ সিজিয়াম ক্লোরোপ্ল্যাটিনেট বুনসেনের কাছে ছিল। এই পরিমাণ বস্তু উৎপন্ন করতে প্রায় 300 টন পরিমাণ খনিজ পদার্থ ঘটিত জল নিয়ে কাজ করতে হয়েছিল। প্রায় এক কিলোগ্রাম পরিমাণ লিথিয়াম ক্লোরাইড উপজাত হিসেবে উৎপন্ন হয়েছিল। এই সংখ্যাগুলি থেকে বোঝা যায় যে, খনিজ পদার্থ ঘটিত ঝরণাজলে কত কম পরিমাণ সিজিয়াম ছিল।

চার বছর পরে ইটালিয়ান বিশ্লেষক এফ. পিজানি (F. Pizani) পোলুক্স নিয়ে গবেষণা শুরু করা মনঃস্থ করেন, যেটি নিয়ে প্লাট্নার আগেই গবেষণা করেছিলেন। পিজানি ভাগ্যবান ছিলেন। তিনি খনিজটিতে সিজিয়াম আবিষ্কার করেন এবং দেখান যে সিজিয়াম সাল্ফেটকে সোডিয়াম ও পটাশিয়াম সালফেটের মিশ্রণ বলে জার্মান বিজ্ঞানী ভুল করেছিলেন। 1882 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ কে. সাটেরবার্গ (K. Satterberg) সিজিয়াম সায়ানাইড ও বেরিয়াম সায়ানাইড মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে বিশুদ্ধ সিজিয়াম প্রস্তুত করেন। সাটেরবার্গের সঙ্গে একই সময় এবং স্বাধীনভাবে বেকেটোভ (Beketov) রাশিয়াতে সিজিয়াম অ্যালুমিনেটকে ($CsAlO_2$) হাইড্রোজেন মাধ্যমে ম্যাগনেশিয়াম দিয়ে বিজারিত করে বিশুদ্ধ সিজিয়াম প্রস্তুত করেন।

রুবিডিয়াম

লেপিডোলাইট (ঈষৎ নীল রক্তিমাভ রঙের জন্যে লিলাইটও বলা হয়ে থাকে) নামে এক বিরল খনিজের গবেষণায় দ্বিতীয় "বর্ণালীয় মৌলের" আবিষ্কার হয়েছিল। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে এম. ক্লপরথ লেপিডোলাইট নিয়ে প্রথম বিশদভাবে রাসায়নিক বিশ্লেষণ করেছিলেন। কিন্তু এই অভিজ্ঞ বিশ্লেষকটি খনিজটিতে কোন ক্ষার-ধাতু আবিষ্কার করতে পারেননি। নিজের বিশ্লেষণের সম্বন্ধে সন্দিহান হয়ে ক্লপরথ পুনর্বার বিশ্লেষণ করতে মনঃস্থ করেন এবং এবার দেখেন যে খনিজটিতে 54·5% সিলিকন ডাই অক্সাইড, 38·5% অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, 4% পটাশিয়াম অক্সাইড এবং 0·75% ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড আছে। অদৃশ্য শতকরা 2·5

ভাগকে খনিজে অবস্থিত জল হিসেবে হারিয়ে গিয়েছে বলে ক্লপরথ বর্ণনা করেন। যাহোক, লিথিয়াম (সেই সময় পর্যন্ত এটি আবিষ্কৃত হয় নি) এবং ফ্লোরিন — এই দুই গুরুত্বপূর্ণ উপাদানকে খনিজে তিনি নির্ধারণ করতে পারেননি। এইভাবে লেপিডোলাইটের স্বরূপটি অস্পষ্টই রয়ে গেল।

1861 সালের প্রারম্ভে সাক্সনি থেকে পাওয়া এই খনিজের একটি নমুনা আর. বুনসেন এবং জি. কিরচফের হাতে পড়ে। তাঁরা এটির ক্ষারীয় উপাদানগুলি পৃথক করে পটাশিয়ামকে ক্লোরোপ্ল্যাটিনেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত করেন এবং অধঃক্ষেপটি পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে ধুয়ে, এটির বর্ণালি বিশ্লেষণ করেছিলেন। 1861 খ্রিস্টাব্দে 23 ফেব্রুয়ারী বার্লিন আকাডেমি অব সায়েন্সেসে তিনি লেপিডোলাইটে একটি নতুন ক্ষারীয় ধাতুর অস্তিত্বের বিবরণ পেশ করেন। বিজ্ঞানীদ্বয় দৃঢ়ভাবে বলেন যে, নতুন ধাতুটির চমৎকার ঘন লাল রঙের রেখা দেওয়ার জন্যে মৌলটির নাম "রুবিডিয়াম" হওয়ার যথেষ্ট কারণ ছিল। মৌল চিহ্ন দেওয়া হয়েছিল Rb, কারণ শব্দ রুবিডাস (rubidus) মানে ঘন লাল রং। যে খনিজ বিশিষ্ট ঝরণার জলে এক বছর আগে সিজিয়াম পেয়েছিলেন, সেই ঝরণার জলে বুনসেন ও কিরচফ রুবিডিয়ামও আবিষ্কার করেন। সিজিয়াম থেকে রুবিডিয়ামের পরিমাণ সামান্য বেশী ছিল বলে বোঝা যায়। 1863 খ্রিটাব্দে বুনসেন ধাতব রুবিডিয়াম প্রস্তুত করেন।

থ্যালিয়াম

থ্যালিয়াম হলো তৃতীয় মৌল, পৃথিবীর খনিজগুলির মধ্যে যেটির উপস্থিতি বর্ণালি বীক্ষণের সাহায্যে প্রমাণিত হয়েছিল। এই মৌলটির কিছু ধর্ম ক্ষারীয় ধাতুর সঙ্গে সদৃশ ছিল বলে প্রমাণিত হয়। কিছু বিজ্ঞানী ছিলেন যাঁরা বিশ্বাস করতেন যে থ্যালিয়াম কোন স্বতন্ত্র মৌল নয়, তা ক্ষারীয় ধাতুর মিশ্রণ ছিল, যেমন রুবিডিয়াম ও সিজিয়ামের অনুরূপ কোন অজ্ঞাত ভারী মৌল। এই সন্দেহ দূর করতে সময় লেগেছিল। বুনসেন ও কিরচফ যখন তাঁদের আবিষ্কৃত নতুন মৌলগুলির গবেষণা চালিয়ে যাচ্ছিলেন, তখন তাঁদের বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতির প্রতি ইংরেজ রসায়ন ও পদার্থবিদ ডবলু. ক্রুক্স (W. Crookes) আকৃষ্ট হন। সেই সময় বৈজ্ঞানিক জগতে তিনি "কেমিক্যাল নিউস" (Chemical Mews) পত্রিকার সম্পাদক ও প্রকাশক হিসেবে পরিচিত ছিলেন। আবিষ্কারের ব্যাপারে ক্রুকস যেভাবে আরম্ভ করেছিলেন তাতে কোন জাঁকজমকের আকর্ষণ ছিল না। সেই 1850

খ্রিস্টাব্দেই তিনি টেল্‌কেরড (Tilkerod) কারখানায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের পর সীসার কক্ষে পড়ে-থাকা এই রূপ তলানির কাদার দশ পাউন্ড পরিমাণ জিনিস পেয়েছিলেন। এই কাদা থেকে বিজ্ঞানীটি সেলেনো সাইনাইড যৌগগুলি গবেষণার জন্যে সেলেনিয়াম প্রস্তুত করেন। তাঁর প্রথম প্রকাশিত গবেষণাপত্র এবিষয়ে নিয়োজিত ছিল। সেলেনিয়াম নিষ্কাশনের পর এটিকে বিশুদ্ধকরণের পর অল্প পরিমাণ জিনিস পড়েছিল, যেটিকে টেলুরিয়াম বলে সন্দেহ করার যথেষ্ট কারণ ছিল। রাসায়নিক ধর্মের দিক থেকে টেলুরিয়াম সরাসরি সেলেনিয়ামের অনুরূপ ছিল। তাঁর পদ্ধতি প্রয়োগ করে তিনি কিন্তু টেলুরিয়াম নিষ্কাশন করতে পারেন নি। গবেষণা বন্ধ হয়ে গিয়েছিল এবং তলানির কাদা নিয়ে কাজ করার পর অবশিষ্ট জিনিসটিকে বিজ্ঞানী রেখে দিয়েছিলেন, যেটা একটা ভাগ্যের ব্যাপার ছিল (টেলুরিয়াম আছে বলে মনে করে সম্ভবত তিনি রেখে দিয়েছিলেন)।

সিজিয়াম ও রুবিডিয়াম আবিষ্কার ক্রুক্‌সকে গভীরভাবে প্রভাবিত করেছিল। বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতি কত সম্ভাবনাময় ছিল তা তিনি তখনি বুঝেছিলেন, এই পদ্ধতিটা যে কেবল আকর্ষণীয় ছিল তা নয়, এটির ব্যবহারিক দিকও ছিল। একটি বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্র পেয়ে ক্রুক্‌স তৎক্ষণাৎ পরীক্ষা করতে মনঃস্থ করেন। সালফিউরিক অ্যাসিডের তলানির কাদার সময় এসে উপস্থিত হল, (বা আরো সঠিকভাবে বলতে গেলে, সেলে-নিয়াম অপসারণের পর অবশিষ্ট পদার্থ) যেটি তিনি দশ বছর ধরে রেখে দিয়েছিলেন। বার্নারের শিখায় নমুনাটা যোগ করে ক্রুক্‌স তৎক্ষণাৎ হতাশ হয়েছিলেন: বর্ণালিতে টেলুরিয়ামের রেখার কোন চিহ্ন ছিল না। সেলেনিয়ামের রেখা দেখা গিয়েছিল এবং পরে তা ক্রমশ মিলিয়ে যায়। যাহোক, এগুলির পরিবর্তে চমৎকার সবুজ রেখা দেখা দিয়েছিল, যেটিকে ক্রুক্‌স আগে কখনও দেখেননি। অবশ্য, নতুন রাসায়নিক মৌলের রেখা বলে চিহ্নিত করতে তাঁর লোভ হয়েছিল এবং গ্রীক শব্দ "থ্যালোস" (thallos) থেকে এই মৌলটির নাম থ্যালিয়াম রেখে বিজ্ঞানীটি তাই করেছিলেন। গ্রীক ভাষায় থ্যালাস মানে "কচি সবুজ ডাল"।

1861 খ্রিস্টাব্দে 30 মার্চ, কেমিক্যাল নিউস পত্রিকায় "সম্ভবত গন্ধক শ্রেণীর একটি নতুন মৌলের উপস্থিতির সম্বন্ধে" (On the Existence of a New Element Probably from the Sulphur Group) নামে ক্রুকসের প্রথম নিবন্ধটি প্রকাশিত হয়। এখানে লেখক ভুল করেছিলেন কারণ আমরা জানি যে, গন্ধক বা এর সদৃশ মৌলদের সঙ্গে থ্যালিয়ামের কোন

কিছুরই মিল ছিল না। এক বছর পর ক্রুক্‌স তাঁর ভুল বুঝতে পারেন এবং "একটি নতুন রাসায়নিক মৌল, থ্যালিয়াম" (Thallium, a New Chemical Element) শীর্ষক আর একটি নিবন্ধ তিনি প্রকাশ করেন, যেখানে গন্ধকের সঙ্গে কোন সাদৃশ্যের কথা বলেননি।

এই ভাবে থ্যালিয়াম আবিষ্কৃত হয়েছিল। নতুন পদ্ধতির সাহায্যে থ্যালিয়ামের উপস্থিতি নির্ণয়টাই এখানে "আবিষ্কার" শব্দটির মানে। মৌলটির বর্ণালি দেখার পর ক্রুক্‌স না পেরেছিলেন বিশুদ্ধ মৌলটি প্রস্তুত করতে, না পেরেছিলেন এর যৌগগুলি তৈরি করতে। সি. ল্যামি (C. Lamy) নামে এক ফরাসী রসায়নবিদ এটা করেছিলেন। থ্যালিয়ামের স্বতন্ত্র আবিষ্কারক বলে যাকে প্রায়ই স্বীকৃতি দেওয়া হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের তলানি কাদা থেকে নিষ্কাশিত সেলেনিয়াম নমুনায় সি. ল্যামি প্রথম থ্যালিয়ামের সবুজ রেখা লক্ষ্য করেন (যেটি ক্রুক্‌সের ব্যবহৃত কাঁচা মাল ছিল)। ক্রুক্‌সের গবেষণার একবছর পর 1862 খ্রিস্টাব্দের মার্চ মাসে এ ব্যাপারটা ঘটেছিল এবং 23 জুনের মধ্যে ল্যামি "প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস"-এর কাছে প্রায় 14 গ্রাম পরিমাণ ধাতব থ্যালিয়ামের নমুনা জমা দেন। ধাতব থ্যালিয়াম ক্রুক্‌সও প্রস্তুত করতে সমর্থ হন, কিন্তু অনিয়তাকার রূপে। ক্রুকসের থ্যালিয়াম ধাতব সালফাইড ছাড়া আর কিছুই নয় বলে সি. ল্যামি ঘোষণা করেন। মতবিরোধ চলতে লাগলো। ক্রুক্‌স বলেছিলেন যে, 1862 খ্রিস্টাব্দের 1 মার্চের আগেই তিনি অনিয়তাকার ধাতুটি প্রস্তুত করেছিলেন, কিন্তু ধাতব গুঁড়োকে গলিয়ে পিণ্ড প্রস্তুত করতে সাহস করেন নি, উৎপন্ন বস্তুটির উদ্বায়িতার জন্যে। এ. সেণ্ট ক্লেইরে ডেভিলে (A. Saint Claire Deville); টি. পেলেউজে (T. Pelouze) এবং জে. ডুমাস (J. Dumas) প্রমুখ বিশিষ্ট বিজ্ঞানীদের নিয়ে "প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" এক বিশেষ কমিটি গঠন করে। কমিটি সি. ল্যামির অগ্রাধিকারটির স্বীকৃতি দেয়।

ক্রুক্‌সের চাইতে ফরাসী রসায়নবিদটি নিঃসন্দেহভাবে থ্যালিয়াম নিয়ে বিশদভাবে গবেষণা করেছিলেন। তিনি দেখিয়েছিলেন যে, তিন ও এক যোজ্যতা বিশিষ্ট যৌগ, মৌলটি দেয়। এক যোজ্যতা বিশিষ্ট থ্যালিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম সদৃশ। জে. ডুমাস এটির নামকরণ করেন "স্ববিরোধী মৌল" (paradoxical metal)। সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের সঙ্গে সাদৃশ্য থাকায়, অধিক পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট অজ্ঞাত ক্ষারীয় ধাতুর মিশ্রণ ছিল থ্যালিয়াম — এ ধারণাটা এসেছিল।

এটা খুবই দুঃখের ব্যাপার যে, ফরাসী রসায়নবিদের উল্লেখযোগ্য অবদানগুলি অবজ্ঞা করে থ্যালিয়াম আবিষ্কারের সমস্ত গৌরব ডবলু. ক্রুক্সকে দেওয়া হয়েছিল।

1866 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত পর্যটক, খনিজবিদ ও গ্রীনল্যান্ড অভিযানের অন্যতম সদস্য ই. নর্ডেনশোল্ড (E. Nordenshöld) রুপো, তামা, সেলেনিয়াম ও থ্যালিয়াম বিশিষ্ট একটি খনিজ আবিষ্কার করেন। ডবলু. ক্রুক্সের সম্মানার্থে তিনি এটির নাম ক্রুক্সাইট রাখার প্রস্তাব করেন। এটি উল্লেখযোগ্য পরিমাণে থ্যালিয়াম বিশিষ্ট একমাত্র খনিজ ছিল বলে বহু দিন ধরে বিশ্বাস করা হতো।

ইণ্ডিয়াম

রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসে নতুন মৌলের আবিষ্কারটি প্রায়ই অন্য মৌলের আবিষ্কারকে প্রভাবিত করতো। থ্যালিয়ামের আবিষ্কারটি ইণ্ডিয়ামকে আবিষ্কার করতে অনুঘটকের ন্যায় কাজ করেছিল — বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে আবিষ্কৃত চারিটি মৌলের বিশেষ শ্রেণীর শেষ মৌল ছিল ইণ্ডিয়াম।

মঞ্চ স্থাপন করা হয়েছিল জার্মানির ফ্রেইবার্গ (Freiberg)-এ এবং মাইনিং অ্যাকাডেমির পদার্থবিদ্যার অধাপক এফ. রেইচ (F. Reich) এবং তাঁর সহকারী টি. এইচ. রিখ্টার (Th. Richter) ছিলেন মুখ্য ভূমিকায়। সময়টা ছিল 1863 খ্রিস্টাব্দ। দু'বছর আগে আবিষ্কৃত থ্যালিয়ামের কিছু ধর্ম সম্বন্ধে কৌতূহলবশত এফ. রেইচ তাঁর গবেষণার জন্য প্রচুর পরিমাণে ধাতুটি উৎপন্ন করতে মনঃস্থ করেন। থ্যালিয়ামের প্রাকৃতিক উৎস সন্ধানে, হিমেল্স্ফুর্স্ট (Himmelsfürst) খনি থেকে পাওয়া দস্তার আকরিকের নমুনাটি বিশ্লেষণ করেন। আকরিকটিতে দস্তা ছাড়াও গন্ধক, আর্সেনিক, সীসা, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, টিন ও ক্যাডমিয়াম বিদ্যমান বলে জানা ছিল। এক কথায় তাতে বেশ কিছু সংখ্যক রাসায়নিক মৌল ছিল। রেইচ ভেবেছিলেন থ্যালিয়ামকেও তালিকায় ঢোকানো যেতে পারে। কিন্তু দীর্ঘ সময় ব্যাপী রাসায়নিক পরীক্ষা করার পর ঈপ্সিত মৌলটি পাওয়া গেল না, কিন্তু অজ্ঞাত গঠনবিশিষ্ট বিচুলির ন্যায় হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ তিনি পেয়েছিলেন। এটা বলা হয় যে, সি. উইন্ক্লের (C. Winkler) (পরে যিনি জার্মেনিয়াম আবিষ্কার করেন) রেইচের গবেষণাগারে প্রবেশ করলে, রেইচ তাঁকে অধঃক্ষেপ সমেত একটি টেস্ট টিউব দেখান এবং বলেন যে

এটিতে নতুন একটি মৌলের সালফাইড যোগ আছে।

এফ. রেইচ যদি তাঁর ধারণাটিকে বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে প্রমাণিত না করতেন, সেটা একটা বিস্ময়ের ব্যাপার হতো। অবশ্য রেইচ এটির সাহায্য নিয়েছিলেন, কিন্তু তিনি বর্ণান্ধ ছিলেন। তাই তিনি তাঁর সহকারী রিখ্‌টারকে বর্ণালি বিশ্লেষণ করতে বলেন।

প্রথম প্রচেষ্টায় রিখ্‌টার সফল হয়েছিলেন: নমুনাটির বর্ণালিতে তিনি অত্যন্ত উজ্জ্বল নীল রেখা দেখেছিলেন, যেটি সিজিয়ামের নীল রেখা বা অন্য কোন রেখার সঙ্গে গোলমাল হওয়ার কোন কারণ ছিলনা। এক কথায় তাঁর পর্যবেক্ষণটি ছিল সম্পূর্ণ সঠিক। রেইচ এবং রিখ্‌টার এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, হিসেলস্ফুর্স্টের আকরিক একটি নতুন মৌল ছিল। উজ্জ্বল নীল রঞ্জক পদার্থ "ইন্ডিগো" (নীল) থেকে এই মৌলটির তাঁরা নাম দেন "ইন্ডিয়াম"। একটি আকর্ষণীয় ঘটনা আছে, যার জন্যে রেইচ কৃতিত্বের অধিকারী হয়েছিলেন। ইন্ডিয়াম আবিষ্কারের বিবরণে দু'জন বিজ্ঞানীর নামই লেখা হয়েছিল। রেইচ কিন্তু বিশ্বাস করতেন যে এটা অন্যায্য এবং আবিষ্কারের সব গৌরবটা রিখ্‌টারের প্রাপ্য ছিল।

বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে প্রাকৃতিক ইন্ডিয়ামের উপস্থিতি প্রমাণিত করার অল্প কিছুকাল পরে তাঁরা দু'জন অল্প পরিমাণে এটি প্রস্তুত করেছিলেন। বুনসেন বার্নারের শিখায় ইন্ডিয়াম যোগ নীলচে বেগুণী রঙের শিখা সৃষ্টি করে এবং শিখাটি এতই উজ্জ্বল ছিল যে বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্র ছাড়াই নতুন মৌলের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়। পরবর্তী কালে রেইচ এবং রিখটার ইন্ডিয়ামের কিছু ধর্ম গবেষণা করেন, যে কাজে উইন্‌ক্‌লের তাঁদের প্রচুর সাহায্য করেন।

ধাতব ইন্ডিয়াম (যদিও অবিশুদ্ধ অবস্থায়) প্রস্তুত হলে, 1867 খ্রিস্টাব্দে রিখ্‌টার প্যারিস "অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" এ এর নমুনাটি জমা দেন এবং দাম ঠিক করেন 600 পাউন্ড স্টার্লিং, যেটা সেই সময়ে ছিল বেশ ভালো পরিমাণ টাকা।

আবিষ্কারের পরেই ইন্ডিয়ামের রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা করা হয়েছিল, কিন্তু প্রথমে এটির পারমাণবিক ভর (75·6) ভুল নির্ধারিত হয়। মেণ্ডেলেয়েভ লক্ষ্য করেন যে, এই পারমাণবিক ভর দিয়ে ইন্ডিয়ামকে পর্যায় সারণীতে সঠিক জায়গায় বসানো যায় না এবং এটির পারমাণবিক ভরটিকে 50% বৃদ্ধি করার প্রস্তাব দেন। মেণ্ডেলেয়েভ সঠিক ছিলেন বলে প্রমাণিত হয়েছিল এবং পর্যায় সারণীর তৃতীয় শ্রেণীতে ইন্ডিয়াম স্থান পেয়েছিল।

অধ্যায় 7

বিরলমৃত্তিকা মৌলসমূহ

"এটা ছিল ভুলের সমুদ্র, যার মধ্যে সত্য ডুবে গিয়েছিল," বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলির ইতিহাসের সম্বন্ধে এইটাই ছিল প্রতিথযশা ফরাসী রসায়নবিদ জি. আর্বেইন (G. Urbain)-এর উক্তি। যদিও তাঁর মানসিকতা ও উদারতার সুখ্যাতি ছিল, এ ব্যাপারে তিনি অতিরঞ্জিত করেননি। 1878 থেকে 1910 খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত কিঞ্চিদাধিক ত্রিশ বছরের মধ্যে একশটি নতুন বিরলমৃত্তিকা মৌল আবিষ্কৃত হয়েছে বলে জানান হয়, কিন্তু তার মধ্যে মাত্র দশটা সত্যি হয়েছিল। বিরলমৃত্তিকার এই জটিল ও গোলমেলে গল্প বলা সহজ নয়।

ল্যান্হানাম (Z=57) এবং সেরিয়াম (Z=58) থেকে লুটেসিয়াম (Z=71) পর্যন্ত পরবর্তী চোদ্দটি মৌলকে বিরলমৃত্তিকা শ্রেণীর মৌল বলা হয়। ইট্রিয়াম (Z=39) এবং স্ক্যানডিয়াম (Z=21) — এই দুটো মৌলকেও এই শ্রেণীতে রাখা যেতে পারে। কারণ, এ দুটির ধর্ম ল্যান্হানামের সদৃশ এবং এ দুটো, বিরলমৃত্তিকার সঙ্গে ঐতিহাসিকভাবে যুক্ত। বিশেষত, ইট্রিয়াম আবিষ্কার, বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলি আবিষ্কারের সূত্রপাত করেছিল। স্বল্প কথায় স্ক্যানডিয়ামকে এখানে উল্লেখ করা হবে এবং নবম অধ্যায়ে বিশদভাবে বলা হবে। বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলির সংখ্যা, সমস্ত প্রাকৃতিক মৌলগুলির মোট সংখ্যার 1/5 অংশ এবং 1794 (ইট্রিয়াম আবিষ্কার) থেকে 1907 খ্রিস্টাব্দ (লুটেশিয়াম আবিষ্কার) পর্যন্ত, এই 113 বছরের মধ্যে এগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল। অনন্য সাধারণ ধর্মের জন্যে বিরলমৃত্তিকার আবিষ্কারগুলির ইতিহাস ছিল অসাধারণ এবং সেগুলির মধ্যে প্রথম ছিল, এগুলির লক্ষণীয় রাসায়নিক সাদৃশ্য। খনিজ এবং আকরিকে সবসময় এই মৌলগুলির একসঙ্গে সাক্ষাৎ পাওয়া যেত এবং মিশ্রণ থেকে এগুলিকে পৃথক করা ছিল অত্যন্ত দুরূহ। এই জন্যে বিরলমৃত্তিকার ইতিহাসটি মিথ্যে মৌল-আবিষ্কারে ভরা ছিল এবং ইতিমধ্যে জানা মৌলের সমবায়ে গঠিত ছিল বলে অনেক সময় নতুন মৌলের আবিষ্কার বাতিল হয়ে



এইচ. ডেভি

গিয়েছিল। এমনকি প্রকৃত আবিষ্কারগুলির সঙ্গে সব সময় বিশুদ্ধ বিরলমৃত্তিকার কোন সম্পর্ক ছিল না: অনেক ক্ষেত্রে নতুন আবিষ্কৃত মৌলগুলি দুটি বা তার বেশী অজানা মৌলের মিশ্রণ বলে পরে প্রমাণিত হয়েছিল। এই কারণে কিছু বিরলমৃত্তিকার আবিষ্কারের ব্যাপক স্বীকৃত তারিখগুলি একটু ঝালিয়ে নেওয়া অবশ্যই দরকার।

বিরলমৃত্তিকার ইতিহাসের আর একটি গুরুত্বপূর্ণ দিক হল এই যে, এগুলির প্রত্যেকটিই প্রথমে অক্সাইড রূপে নিষ্কাশিত করা হয়েছিল। সেকালের রসায়নবিদরা অক্সাইডের পরিবর্তে “মৃত্তিকা” (earths) শব্দটি ব্যবহার করতেন, যেমন — ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম (ক্ষারীয় মৃত্তিকা)। এবং ইট্রিয়াম ও সেরিয়ামের ন্যায় প্রথম বিরলমৃত্তিকার অক্সাইডের ক্ষেত্রেও শব্দটি ব্যবহার করা হয় (এটা ভুল ছিল তা পরে বোঝা গিয়েছিল)। আর এই জন্যে “বিরলমৃত্তিকা” শব্দটা এসেছে। মৌলগুলি আবিষ্কারের অনেক দিন পরে তাদের বিশুদ্ধ ধাতু আবিষ্কৃত হয়েছিল। উদাহরণস্বরূপ, এক সারি ভারী ল্যান্হানাইড মৌল বিশুদ্ধ রূপে প্রস্তুত করা হয়েছিল দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের পরে। অতএব, আমাদের পরবর্তী ভাষ্যে বিরলমৃত্তিকা বলতে এগুলির অক্সাইডকে বোঝাবো।

বিরলমৃত্তিকা মৌলের প্রাথমিক ইতিহাস

1794 খ্রিস্টাব্দে, অ্যাবো (Abo) বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নবিদ জোহান গ্যাডোলিন (Johann Gadolin) নামে এক ফিনিশ ব্যক্তি ইটারবাইট থেকে অজানা এক মৌলের অক্সাইড প্রস্তুত করেন এবং এটির নাম রাখেন ইট্রিয়াম। ইটারবি, নামে সুইডিশ এক গ্রামের পুরোনো খনি থেকে সাত বছর পূর্বে খনিজটি আবিষ্কৃত হয়। গ্রামটির নাম থেকে খনিজটির নাম হয়েছিল ইটারবাইট (পরে গ্যাডোলিনের সম্মানার্থে এটিকে পুনর্বার নামকরণ করা হয় গ্যাডোলিনাইট) এবং পরে ইট্রিয়াম ও আরো তিনটি বিরলমৃত্তিকা — এরবিয়াম, টারবিয়াম ও ইটারবিয়ামের নামকরণ করা হয় এই গ্রামটির নাম থেকে।

সমসাময়িক আরো কিছু রসায়নবিদ ইটারবাইট নামে খনিজটির নমুনা নিয়ে গবেষণা করেন: যেমন ফ্রান্সের এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন এবং জার্মানির এম. ক্লপরথ। তাঁরা এতে একটি নতুন মৃত্তিকা পেয়েছিলেন, কিন্তু উপাদানের পরিমাণের মধ্যে তাঁদের পার্থক্য ছিল। যেহেতু বিশ্লেষণ পদ্ধতিটা উভয়েরই এক ছিল, তাই ফলাফলের গরমিলটা এইভাবে ব্যাখ্যা করা যেতে পারে: খনিজটিতে অন্য একটি অজ্ঞাত মৌল ছিল, যাকে ইট্রিয়াম থেকে আলাদা করা কঠিন।

এটা সত্য বলে প্রমাণিত হয়েছিল, কিন্তু আগন্তুকটিকে অন্য খনিজেও পাওয়া গিয়েছিল। এটা ঘটেছিল 1803 খ্রিস্টাব্দে। জে. বার্জিলিয়াস এবং ডবলু. হিসিংগার (W. Hisinger) একদিকে এবং ক্লপরথ অন্যদিকে একে অন্যের থেকে স্বাধীনভাবে একটি নতুন অক্সাইড আবিষ্কার করেন এবং সদ্য আবিষ্কৃত গ্রহাণু "সেরেস" (Ceres)-এর নাম অনুসারে তার নাম রাখেন "সেরিয়াম" এবং খনিজটির নাম রাখা হয় "সেরাইট"। বহু কাল ধরে বিরলমৃত্তিকার একমাত্র উৎস ছিল গ্যাডোলিনাইট ও সেরাইট নামে দুই খনিজ।

সেরিয়াম প্রায় ইট্রিয়ামের ন্যায় ছিল, যদিও এদুটির মধ্যে পার্থক্যও ছিল। এটা এখন জানা গেছে যে, সেরিয়াম বলে যেটিকে মনে করা হতো, কার্যত সেটি ছিল সেরিয়াম বিরলমৃত্তিকার (সেরিয়াম থেকে গ্যাডোলিনিয়াম পর্যন্ত) জটিল মিশ্রণ এবং ইট্রিয়ামের মধ্যে ছিল ইট্রিয়াম বিরলমৃত্তিকাগুলির মিশ্রণ (টারবিয়াম থেকে লুটেসিয়াম পর্যন্ত)। অতএব 1794 ও 1803 খ্রিস্টাব্দে যথাক্রমে প্রকৃত ইট্রিয়াম ও সেরিয়াম আবিষ্কৃত হয়নি। 1826

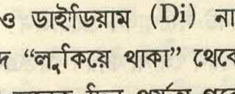
খ্রিস্টাব্দে সি. মোসান্ডার (C. Mosander) নামে বার্জেলিয়াসের এক ছাত্র অনুমান করেন যে, সেরাইট থেকে নিষ্কাশিত সেরিয়ামে অশুদ্ধি ছিল। অনুমানটিকে দৃঢ় বিশ্বাসে পরিণত করতে বিজ্ঞানীটির দীর্ঘ তেরো বছর সময় লেগেছিল।

ল্যান্হানাম ও ডাইডিমিয়াম, টারবিয়াম ও এরবিয়াম

মোসান্ডার বিরলমৃত্তিকা সম্বন্ধে ব্যাপক গবেষণা আরম্ভ করার আগে পর্যন্ত ,ইট্রিয়াম ও সেরিয়াম তুলনামূলকভাবে কম দৃষ্টি আকর্ষণ করেছিল: এই দুটি মৌল উভয়েই রাসায়নিক মৌলের মর্যাদা পেয়েছিল এবং এদুটির ধর্ম মোটামুটি জানা ছিল।

প্রত্যেকটি নতুন আবিষ্কৃত মৌলের সম্মানার্থে যদি গাছ লাগানো প্রথা হয়ে থাকতো, তবে সেই কাল্পনিক বাগানে ইট্রিয়াম ও সেরিয়ামকে কচি চারা গাছের মতই লাগতো। এই উপমার জের টেনে বলা যায় যে 1839 খ্রিস্টাব্দের সত্তর বছর পর এই নবীন গাছগুলি শাখা প্রশাখায় দারুণভাবে পল্লবিত হয়েছিল।

সেরিয়াম নিয়ে ব্যাপকভাবে গবেষণা করে মোসান্ডার প্রমাণ করেছিলেন যে ল্যান্হানাম (La) ও ডাইডিয়াম (Di) নামে এতে আরো দুটি নতুন মৌল আছে। গ্রীক শব্দ "লুকিয়ে থাকা" থেকে ল্যান্হানাম শব্দের উৎপত্তি এবং কার্যত ল্যান্হানাম অনেক দিন পর্যন্ত গবেষকদের নজর এড়িয়ে ছিল। গ্রীক ভাষায় "ডাইডিমিয়াম" মানে "যমজ", কারণ দুটি জল বিন্দুর মধ্যে যেমন সাদৃশ্য থাকে এটি আর ল্যান্হানামের মধ্যে তাই ছিল। সি. মোসান্ডারের অসাধারণ দক্ষতার ফলে ল্যান্হানাম ও ডাইডিয়াম মৌল দুটির মধ্যে পার্থক্য দেখান সম্ভব হয়েছিল। সেরিয়াম গাছের শাখা-প্রশাখাকে নিম্নলিখিতভাবে দেখানো যেতে পারে:



পরে অনেক গবেষক সেরিয়াম ও ল্যান্হানামের রাসায়নিক স্বাতন্ত্র্যের বিষয়ে অনধিকার প্রবেশ করতে চেষ্টা করেছিলেন। তাঁরা প্রমাণ করতে চেষ্টা করেছিলেন যে, এদুটিও জটিল প্রকৃতির। যাহোক, মোসান্ডার এই

মৌল দুটির আপক্ষাকৃত বিশুদ্ধ অক্সাইড প্রস্তুত করেছিলেন। ডাইডিমিয়ামের, কিন্তু ভাগ্যটা অন্য ছিল। আধুনিক পর্যায় সারণীতে আপনি এটির চিহ্ন দেখতে পাবেন না। সেটা বেশ একটা বড় গল্প, যা পরে আমরা বলবো। এখানে আমরা কেবলমাত্র উল্লেখ করবো যে, সেরিয়ামের প্রকৃত জীবন আরম্ভ হয়েছিল 1839 সালে। এটা ইট্রিয়ামের বেলায়ও সত্যি। সেরিয়ামকে পৃথক করতে সফল হওয়ার দরুণ অনুপ্রাণিত হয়ে 1843 খ্রিস্টাব্দে মোসান্ডার ইট্রিয়াম নিয়ে গবেষণা শুরু করেন এবং গ্যাডোলিনের পুরোন ইট্রিয়াম তার প্রকৃত রূপটি দেখিয়েছিল। ঠিকমত বলতে গেলে, এটির তিনটি রূপ ছিল: ইট্রিয়াম নিজে এবং এটির অত্যন্ত সদৃশ আরো দুটি মৌল — টারবিয়াম এবং এরবিয়াম। ব্যাপারটা এরকম:

Y
Y | Te
Er

পরে ইট্রিয়াম তার স্বাতন্ত্র্য দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন করে। মোসান্ডার বিশুদ্ধ টারবিয়াম প্রস্তুত করতে পেরেছিলেন কিনা সেটা অস্পষ্ট থেকে গেছে। এরবিয়ামেরও ডাইডিয়ামের মত দশা হয়েছিল। আবিষ্কারের তারিখের সরকারী তালিকায় আরো একটি সংশোধন প্রয়োজন: যেমন *1843* খ্রিস্টাব্দে ইট্রিয়ামের প্রকৃত নিষ্কাশন করেন মোসান্ডার। অতএব ইনি হলেন মোসান্ডার যিনি বিরলমৃত্তিকাগুলিকে শৈশব থেকে পালন করেছিলেন।

মোসান্ডারের কাজের পর বিরলমৃত্তিকার জানা তালিকাটি 40 বছর ধরে প্রায় অপরিবর্তিত অবস্থায় ছিল। এই মৌলগুলিকে নিয়ে গবেষণা করার সময় বিজ্ঞানীগণ একগাদা ভুল করেছিলেন; তাঁরা অক্সাইডগুলির ভ্রান্ত সংকেত দিয়েছিলেন এবং পারমাণবিক ভরগুলি সঠিকভাবে নির্ণয় করতে পারেন নি। মেন্ডেলেয়েভের দৃঢ় বিশ্বাস হয়েছিল যে, "কোথাও একটা গন্ডগোল ছিল", এবং তিনি 1869 খ্রিস্টাব্দ পর্যন্ত আবিষ্কৃত বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলির পারমাণবিক ভরগুলির মান পরিবর্তন করার সুপারিশ করেন। পর্যায় নিয়মের নিবন্ধগুলি থেকে আমরা জানতে পারি যে, মেন্ডেলেয়েভ সম্পূর্ণ ঠিক ছিলেন। বিরলমৃত্তিকা মৌলের পরবর্তী দশার জন্যে এটি কার্যত কিছুই প্রভাবিত করতে পারেনি। এই মৌলগুলির ধর্মের মধ্যে এত সাদৃশ্য ছিল যে, এইগুলিকে পৃথক করাটা খুব বিশ্বস্তভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায় নি। অবস্থাটা স্ববিরোধী পর্যায়ে গিয়ে দাঁড়িয়েছিল: কয়েকটি মৌলের

মিশ্রণকে একটি মৌল হিসেবে গ্রহণ করা হয়েছিল অন্যদিকে, নতুন আবিষ্কৃত মৌলের মধ্যে একাধিক মৌলের মিশ্রণ পাওয়া গিয়েছিল।

নতুন মৌল আবিষ্কারের ক্ষেত্রে যে বর্ণালি বিশ্লেষণ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছিল, এমনকি সেই বর্ণালি বিশ্লেষণের সাহায্যে যে ফলাফল পাওয়া গিয়েছিল তা অভ্রান্ত থেকে ভ্রান্তই বেশী হয়েছিল।

"ইটারবিয়াম", স্ক্যানডিয়াম, "হোলমিয়াম", থুলিয়াম

মোসান্ডারের গবেষণার প্রায় চার দশক পার হয়ে যাবার পরও "বিরলমৃত্তিকা" নামক নবীন গাছের নতুন কোন শাখা বার হয়নি। এর পেছনে অনেক কারণ ছিল। বিরলমৃত্তিকার খেয়ালী রসায়নকে বিজ্ঞানীগণ আয়ত্বে আনতে পারেননি। বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলির লবণগুলির দ্রাব্যতার পার্থক্য, যদিও অল্প, তবুও এই ঘটনাটি ছিল মৌলগুলি পৃথকীকরণের ভিত্তি। মোটামুটি বিশ্বস্তভাবে একটির থেকে অপর বিরলমৃত্তিকা মৌলকে পৃথক করতে, শ'য়ে শ'য়ে একই রকমের পুনর্কেলাসন করা প্রয়োজন হয়।

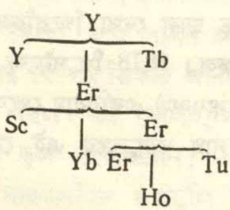
বিরলমৃত্তিকার জানা খনিজের সংখ্যা ছিল খুব কম; এবং গ্যাডোলিনাইট ও সেরাইট খনিজগুলি ছিল দুস্প্রাপ্য। আরও যে সব খনিজগুলি (সেগুলির মধ্যে প্রায় দশটা) এর সঙ্গে সংযুক্ত ছিল, প্রাপ্তির দিক থেকে সেগুলি যাদুঘরে রাখার মত ছিল। যাহোক, আবিষ্কারের নতুন যুগ এসেছিল এবং ইট্রিয়াম 'গাছে' নতুন কচি ডাল দেখা গিয়েছিল। মোসান্ডারের এরবিয়াম বহুদিন ধরে বিতর্কিত ছিল। 1878 খৃস্টাব্দে সুইস রসায়নবিদ জে. ডি ম্যারিগন্যাক (J. de Marignac) এরবিয়াম থেকে একটি নতুন মৌল পৃথক করেন। ইটারবি গ্রামের নাম অনুসারে এই মৌলটির তিনি নাম দেন "ইটারবিয়াম"।

পাঠ্যাংশে এবং এই বিভাগের শিরোনামে "ইটারবিয়াম" কে আমরা উচ্চারণ চিহ্নের মধ্যে রেখেছি। তার মানে এই যে, স্পষ্ট করে বলতে গেলে ইটারবিয়াম মৌল ছিল না, কিন্তু পরে যা দেখানো হয়েছে, এটি ছিল কিছু বিরলমৃত্তিকার মিশ্রণ। নতুন আবিষ্কৃত অন্য মৌলের নামগুলিও উচ্চারণ চিহ্নের মধ্যে লেখা হয়েছে, যেগুলি মিশ্র বস্তু ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছিল। অতএব "ইটারবিয়াম" আবিষ্কারের চূড়ান্ত তারিখ হিসেবে 1878 সালকে মানা যেতে পারে না। পরের বছরেই সুইডিশ রসায়নবিদ এল. নিল্‌সন্‌ (L. Nilson) প্রমাণ করেন যে, ইটারবিয়াম হলো একটি মিশ্র বস্তু, এবং

স্ক্যানডিনেভিয়ার সম্মানার্থে তিনি আবিষ্কৃত মৌলটির নাম রাখেন "স্ক্যানডিয়াম"।

অতএব, এরবিয়াম বিযুক্ত "ইটারবিয়াম", বিযুক্ত স্ক্যানডিয়াম...। অশুদ্ধিমুক্ত বলে কি অবশেষে এরবিয়ামকে মনে করা গিয়েছিল? 1879 খ্রিস্টাব্দে নিলসনের স্বদেশবাসী পি. ক্লেভে (P. Cleve) দেখিয়েছিলেন যে, "ইটারবিয়াম" ও স্ক্যানডিয়াম মুক্ত এরবিয়াম তখনও মিশ্র বস্তু ছিল। ক্লেভে এটিকে তিনটি উপাদানে পৃথক করেছিলেন: এরবিয়াম নিজে, "হোলমিয়াম" এবং থুলিয়াম। স্টক্‌হল্‌মের পুরোন নাম — 'হোলমি' — অনুসারে "হোলমিয়ামের" নামকরণ করা হয় এবং পৃথিবীর সব শেষে অবস্থিত উপকথার দেশ "থুলে" (Thule)-এর সম্মানার্থে অন্য মৌলটির নাম রাখেন থুলিয়াম। সুদূরে অবস্থিত ও রহস্যপূর্ণ 'থুলে'র দেশে পেীছান থেকে থুলিয়াম আবিষ্কার কোন অংশে কম কঠিন ছিল না।

1879 খ্রিস্টাব্দে বিশুদ্ধ এরবিয়ামের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হয়েছিল এবং 1843 খ্রিস্টাব্দের চেয়ে বরং এই বছরটা আবিষ্কারের দিন হিসেবে ধরা যেতে পারে। বিশুদ্ধ থুলিয়ামও প্রস্তুত করা হয়েছিল, কিন্তু "হোলমিয়ামের" প্রকৃত জন্ম আরো পরে হয়েছিল। অতএব দুবছরের মধ্যে ইট্রিয়াম 'গাছটি' দারুণভাবে শাখা-প্রশাখা বিস্তার করেছিল:



মৌলের ইতিহাসে কিছু কিছু স্বর্ণযুগ লক্ষ্য করা যায়। বিরলমৃত্তিকা মৌলের ক্ষেত্রে 1878-1879 — এই দু'বছর ছিল এমনই এক স্বর্ণযুগ। এই সময়টা অন্য কারণেও গুরুত্বপূর্ণ হয়ে আছে: সামারস্কাইট নামে বিরলমৃত্তিকা মৌলের এক নতুন খনিজের সঞ্চয় উত্তর আমেরিকায় পাওয়া গিয়েছিল। এটা কৌতূহলোদ্দীপক যে, নামটার উৎস ছিল রুশ দেশে। 1860 খ্রিস্টাব্দেই বিরলমৃত্তিকা বিশিষ্ট ও জটিল গঠনের একটি খনিজ উরাল অঞ্চলে পাওয়া যায়। খনি ইঞ্জিনিয়ার ভ. ই. সামারস্কি (V. E. Sa-

marskii)-এর নামানুসারে এটির নাম হয়। আমেরিকায় প্রাপ্ত খনিজটি উরাল অঞ্চলে প্রাপ্ত খনিজের সঙ্গে অভিন্ন ছিল বলে প্রমাণিত হয়।

এই ঘটনার গুরুত্ব কদাচিৎ বেশী করে দেখা হয়। সামারস্কাইটের আবিষ্কারের ফলে গবেষণাগারে বিরলমৃত্তিকার দারুণ ঘাটতি দূর করা গিয়েছিল এবং গবেষণাগারে এটি পাওয়া যেতে লাগলো। বিজ্ঞানীগণ গবেষণার জন্যে পর্যাপ্ত পরিমাণে খনিজটি পেতে লাগলেন, ফলে তাঁরা আরো বিশদভাবে গবেষণা করতে পেরেছিলেন এবং প্রাপ্ত ফলাফলকে সঠিকভাবে যাচাই করতেও পেরেছিলেন। অনেক নতুন বিরলমৃত্তিকা জন্ম নিয়েছিল সামারস্কাইট থেকে।

"ডাইডিমিয়াম"র অবসান, "সামারিয়াম", নিয়োডিমিয়াম এবং প্রাসিয়োডিমিয়াম

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসে সবচেয়ে আকর্ষণীয় অংশের অন্যতম অংশ জুড়ে আছে "ডাইডিমিয়াম"। ল্যান্হানামের সঙ্গে এটির নজীরবিহীন সাদৃশ্যটা বিজ্ঞানীদের দৃঢ় প্রত্যয় উৎপাদন করেছিল যে, বিরলমৃত্তিকার রসায়নটি অজৈব রসায়নের সম্পূর্ণ বিশিষ্ট এক শাখা। অনেক দিন ধরে "ডাইডিমিয়ামের" ব্যক্তিগত পরিচয় সম্বন্ধে প্রশ্ন তোলা হয়নি। গত শতাব্দীর মধ্যভাগের বৈজ্ঞানিক জার্নালের পাতা ওল্টালে মনোযোগ আকর্ষণ করার মতো আমরা এমন কোন গুরুত্বপূর্ণ বিবরণ দেখতে পাই না যে, "ডাইডিমিয়াম" হলো মৌলের মিশ্রণ।

মেন্ডেলেয়েভ তাঁর পর্যায় সারণীতে Di চিহ্নটি রেখেছিলেন এবং পৃথক রাসায়নিক মৌল রূপে "ডাইডিমিয়ামকে" বর্ণনা করেছিলেন। যদিও সাধারণভাবে এই মহান রুশ বিজ্ঞানী বিরলমৃত্তিকা সম্বন্ধে সন্দিগ্ধ ছিলেন (যেমন তিনি টারবিয়ামকে স্বীকার করেন নি)।

সামারস্কাইট নিয়ে গবেষণার পর ডাইডিমিয়ামের মৃত্যুদণ্ডাদেশে স্বাক্ষর করা হয়েছিল। 1878 খ্রিস্টাব্দের শেষে ফরাসী বর্ণালি বিশ্লেষক এম. ডেলাফনটেইনে (M. Delafontaine) এই খনিজ থেকে ডাইডিমিয়াম নিষ্কাশিত করে গবেষণা শুরু করেন এবং এটির বর্ণালিতে দুটি রেখা লক্ষ্য করেন। "বর্ণালিতে নতুন রেখা পাওয়া মানে নতুন মৌল", সেই সময় এটা ছিল স্বীকৃত পন্হা। ডেলাফনটেইনে এইটাই ভেবেছিলেন।

তাঁর মতে, "ডাইডিমিয়ামে" পূর্বে অজানা নতুন মৌলের উপস্থিতিই

বর্ণালিতে নতুন রেখার আবির্ভাবের জন্যে দায়ী। ল্যাটিন ভাষায় যার মানে "প্রবঞ্চনা করা, হতবাক করা", তার থেকে তিনি মৌলটির নাম রাখেন "ডেসিপিয়াম"। নামটি বিদ্রূপাত্মক হয়েছিল বলে প্রমাণিত হয়: "ডেসিপিয়াম" জানা ও অজানা অনেক বিরলমৃত্তিকার মিশ্রণ ছিল বলে পরে জানা যায়। ফ্রান্সের এল. ডি বোইসবাউড্রেন (L. de Boisbaudran) 1879 খ্রিস্টাব্দে ডাইডিমিয়ামকে জনসমক্ষে নিয়ে আসেন। নতুন বিরল মৃত্তিকার আবিষ্কারের ক্ষেত্রে তিনি একটি উল্লেখযোগ্য ভূমিকায় অংশ নিয়েছিলেন। মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী করা গ্যালিয়ামকে তিনি কীভাবে আবিস্কার করেছিলেন তা আমরা পরের অধ্যায়ে বলবো। সামারস্কাইট থেকে ডাইডিমিয়াম নিষ্কাশন করে, বোইসবাউড্রেন নমুনাটি নিয়ে বর্ণালিবীক্ষণের সাহায্যে বিশদভাবে গবেষণা করেছিলেন। ডেলফানটেইনের থেকে বোইসবাউড্রেন অনেক দক্ষ গবেষক ছিলেন এবং "ডাইডিমিয়াম" থেকে অশুদ্ধি দূর করতে তিনি সক্ষম হন। সমারস্কাইট থেকে তিনি এই মৌলটির নাম দেন সামারিয়াম, তিনি অবশ্য জানতেন না যে, সামারিয়ামও ছিল মৌলের মিশ্রণ। ম্যারিগন্যাক সঙ্গে সঙ্গে বোইসবাউড্রেনের আবিষ্কারকে সমর্থন করেন। ম্যারিগন্যাক সামারিয়ামকে বহুবার পুনর্কেলাসিত করে দুটি অংশে বিভক্ত করেন এবং অংশ দুটিকে Y_α ও Y_β দিয়ে চিহ্নিত করেন (ইট্রিয়ামের চিহ্নের (Y) সঙ্গে যাতে গোলমাল না হয়ে যায়)। দ্বিতীয় অংশটির বর্ণালির সঙ্গে "সামারিয়ামের" বর্ণালি মিলে গিয়েছিল। প্রথম অংশটিকে আমরা একটু পরে দেখবো।

এই ভাবে অখণ্ডণীয় "ডাইডিমিয়াম", "ডাইডিমিয়াম" ও "সামারিয়ামে" ভেঙ্গে গিয়েছিল। "ডাইডিমিয়াম নামের থেকে উচ্চারণ চিহ্ন কি এখনও তুলে নেওয়ার সময় হয় নি? "সামারিয়াম" থেকে মুক্ত হওয়ার পর অবশেষে কি ডাইডিমিয়াম তার নিজস্ব একক সত্ত্বা খুঁজে পেয়েছিল?

এখানে আমাদের ভাষ্যে নতুন চরিত্রের আবির্ভাব হবে — চেক্ রসায়নবিদ বি. ব্রাউনার, যিনি ছিলেন মেণ্ডেলেয়েভের বন্ধু এবং তাঁর পর্যায় সূত্রের একজন ভক্ত। 1875 খ্রিস্টাব্দের শুরু থেকে তিনি "ডাইডিমিয়াম" নিয়ে এক নাগাড়ে গবেষণা আরম্ভ করেন। কেমন করে মৌলটিকে পঞ্চযোজক অবস্থায় জারিত করা যায়, এইটা তাঁর একমাত্র লক্ষ্য ছিল। পর্যায় সারণীর তৃতীয় ও চতুর্থ শ্রেণীতে আর কোন ঘর খালি না থাকায় ডাইডিমিয়ামকে পঞ্চম শ্রেণীতে রাখা যায় কিনা, এইটাই সঠিক উত্তর হতে পারতো। এড়াড়াও,

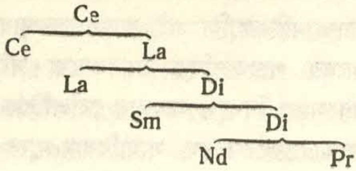
পর্যায় সারণীতে বিরলমৃত্তিকাকে রাখার জটিল প্রশ্নটি অনেক সহজ হতে পারতো।

স্বাভাবিকভাবে, ব্রাউনার পঞ্চযোজ্যতা বিশিষ্ট ডাইডিমিয়াম পাননি। এখন আমরা জানি যে, ল্যান্হানাইডগুলি এই জারণ অবস্থায় আসতে পারে না। যাহোক, ডাইডিমিয়ামের পারমাণবিক ভর আরো সঠিকভাবে নির্ধারণের চেষ্টায় ব্রাউনার যতটা সম্ভব বিশুদ্ধ অবস্থায় মৌলটিকে প্রস্তুত করতে মনঃস্থ করেন। তিনি আবিষ্কার করেন যে, সামারিয়াম-মুক্ত "ডাইডিমিয়াম" কে তিনটি অংশে ভাগ করা যেতে পারে, যেগুলির পারমাণবিক ওজনের মধ্যে কিছু পার্থক্য থাকে। 1883 খ্রিস্টাব্দে ব্রাউনার এই পরীক্ষাটি করেন, কিন্তু যে কোন কারণেই হোক তাঁকে পরবর্তী গবেষণা বন্ধ করতে হয়েছিল। এটা খুবই দুঃখের ব্যাপার, কারণ তিনি প্রায়-সমাপ্ত পুরানো "ডাইডিমিয়াম" গল্পের খুব কাছে এসে পৌঁছেছিলেন।

এই সম্মান পেয়েছিলেন অস্ট্রিয়ান রসায়নবিদ সি. অউয়ের ভন ওয়েলসবাখ (C. Auer von Welsbach), বিরলমৃত্তিকা রসায়নে যাঁর অশেষ অবদান ছিল। সেই সময় পর্যন্ত বিরলমৃত্তিকার কোন ব্যবহারিক প্রয়োগ ছিল না। সি. অউয়ের ভন ওয়েলসবাখ, এই কাজে এগুলিকে লাগাতে মনোযোগী হয়েছিলেন। সেই সময় সারা পৃথিবীতে গ্যাসের আলোর ব্যবহার ছিল এবং 1884 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানীটি এক ধরনের ভাস্বর ম্যান্টেল উদ্ভাবন করেন, যাতে তিনি বিরলমৃত্তিকার লবণের বিশেষ মিশ্রণ দিয়েছিলেন। তা আলোর ঔজ্জ্বল্য দারুণ বাড়িয়েছিল এবং ম্যান্টেলের আয়ু বিশেষভাবে বাড়িয়েছিল, যার জন্য এগুলিকে অউয়েরের ম্যান্টেল বলা হতো। শিল্পে শত শত কিলোগ্রাম বিরলমৃত্তিকা খনিজ প্রয়োজন হতে লাগলো। এর ফলে নতুন সঞ্চয় অন্বেষণের দিকে ঝোঁক হয়েছিল এবং 1886 খ্রিস্টাব্দে ব্রাজিলে প্রচুর পরিমাণ বিরলমৃত্তিকা বিশিষ্ট মোনাজাইট বালির সমৃদ্ধ সঞ্চয়টি আবিষ্কৃত হয়। বিরলমৃত্তিকা বস্তুর গবেষণার জন্যে রসায়নবিদদের সমস্ত চাহিদা এর ফলে পূরণ হয়েছিল।

1885 খ্রিস্টাব্দে 8 জুন, কেমন করে তিনি ডাইডিমিয়ামকে দুটি উপাদানে বিভক্ত করেছিলেন, তার বিবরণ "ভিয়েনিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" (Viennese Academy of Sciences)-এ তিনি পেশ করেন। তিনি একটির নামকরণ করেন প্রাসিয়োডিমিয়াম (গ্রীক ভাষায় যার মানে "সবুজ যমজ", কারণ মৌলটির লবণগুলি হাল্কা সবুজ রঙের হয়) এবং দ্বিতীয়টি "নিয়োডিমিয়াম" (নতুন যমজ)। "ডাইডিমিয়াম" — এই পুরানো

নামটাও শেষ পর্যন্ত আর রইল না! বর্তমানে সেরিয়াম বিরলমৃত্তিকা "গাছটি" এ রকম দেখতে:



গ্যাডোলিনিয়াম এবং ডায়াসপ্রোসিয়াম

ঊনবিংশ শতাব্দীতে বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসটি এই দুই মৌল দিয়ে শেষ হয়। গ্যাডোলিনিয়ামের ব্যাপারে চূড়ান্ত ভূমিকায় অংশ নেন জি. ডি. ম্যারিগ্‌ন্যাক (G. D. Marignac)।

আমরা আগেই উল্লেখ করেছি যে, সামারিয়ামকে Y_{α} এবং Y_{β} অংশে ভাগ করতে ম্যারিগন্যাক সফল হয়েছিলেন। Y_{β} অংশটি নিয়ে কোন সমস্যা হয় নি, কিন্তু Y_{α} অংশটি অনেক ঝামেলা করেছিল। এই অংশটি কার্যত একটি নতুন মৌল, এটা বলার মত যথেষ্ট দুঃসাহস মারিগ্‌ন্যাকের ছিল না। 1886 খ্রিস্টাব্দে বোইসবাউড্রেন এই সিদ্ধান্তটি করেন। তিনি নতুন মৌলটির নাম "গ্যাডোলিনিয়াম" রাখা মনঃস্থ করেন (বিরলমৃত্তিকা রসায়নের পথপ্রদর্শক গ্যাডোলিনের সম্মানার্থে) এবং ম্যারিগ্‌ন্যাককে সম্মতি দেওয়ার জন্যে অনুরোধ করেন। সম্মতিটা পাওয়া গিয়েছিল, কিন্তু ম্যারিগন্যাকের মহত্ত্ব ছিল আরো বেশী আকর্ষণীয়। কারণ তিনি সহআবিষ্কারকের দাবী, কিংবা কোন অগ্রাধিকার দাবী করেন নি। যাহোক, আমরা মনে করি গ্যাডোলিনিয়াম আবিষ্কারের কৃতিত্ব উভয় বিজ্ঞানীর পাওয়া উচিত।

বোইসবোউড্রেন একাই যে ডায়াসপ্রোসিয়াম আবিষ্কার করেছিলেন, এটা প্রশ্নাতীত ব্যাপার। যথেষ্ট বিশুদ্ধ "হোলমিয়াম" প্রস্তুতের পর বিজ্ঞানীটি এই মৌলটির বর্ণালি বিশদভাবে পরীক্ষা করেন এবং দুটি নতুন রেখা আবিষ্কার করেন, যেটি একটি অজ্ঞাত মৌলের উপস্থিতি সূচীত করে। অনেকবার পুনর্কেলাসনের পর তিনি অশুদ্ধিটা পৃথক করেন। এইভাবে ডায়াসপ্রোসিয়াম এবং হোলমিয়ামও আবিষ্কৃত হয়েছিল। গ্রীক ভাষায় যার

মানে "প্রস্তুত করা কঠিন", তার থেকে এটির নামকরণ করা হয়। নামটি একটি প্রতীক বিশেষ কারণ বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসের এটা বৈশিষ্ট্য।

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসে "বিভ্রান্তির কাল"

আমরা যদি বিরলমৃত্তিকা মৌলের তালিকাটি দেখি, তবে দেখবো যে প্রায় সবগুলি মৌলই 1886 খ্রিস্টাব্দের মধ্যে আবিষ্কৃত হয়েছে। কেবল প্রোমেথিয়ামটি অজানা ছিল (এটা সত্যিই অদ্ভুত ব্যাপার) এবং ইউরোপিয়াম এবং লুটেশিয়াম বিংশ শতাব্দীতে আবিষ্কৃত হয়েছিল। বেশীভাগ বিরলমৃত্তিকা আবিষ্কৃত হয়ে থাকলেও, ঊনবিংশ শতাব্দীর আটের দশকের দ্বিতীয় ভাগে কার পক্ষে এটা জানা সম্ভব ছিল? কার পক্ষে স্পষ্ট করে বলা সম্ভব ছিল যে প্রকৃতিতে বিরলমৃত্তিকা মৌলের গুপ্তধনের ভান্ডারটি নিঃশেষিত হয়ে গিয়েছে?

পক্ষান্তরে, নতুন বিরলমৃত্তিকার চমকপ্রদ আবিষ্কারগুলি এখনও ভবিষ্যতের জন্যে অপেক্ষা করছে বলে চিন্তা করতে উৎসাহিত করতো এবং এমনতর চিন্তা সহজে পরাস্ত হয় নি। পর্যায় সারণীতে বেরিয়াম থেকে ট্যাণ্টালাম পর্যন্ত অনেকটা জায়গা বিরলমৃত্তিকা মৌলদের জন্যে রাখা ছিল। এগুলির পারমাণবিক ভরের পার্থক্য ছিল প্রায় 45 একক। বহু সংখ্যক জানা ও অজানা বিরলমৃত্তিকা মৌল এই জায়গার মধ্যে রাখা যেতে পারতো। এগুলির সংখ্যা কত তা কারুর পক্ষে ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব হয়নি। কুড়ি, ত্রিশ বা চল্লিশ যে কোন সংখ্যা সঠিক বলে মনে করা হয়েছিল। এই অনিশ্চিত সংখ্যা, বহু সংখ্যক নতুন বিরলমৃত্তিকা আবিষ্কার করতে উৎসাহিত করেছিল।

অনেক বিখ্যাত রসায়নবিদ, প্রকৃত সাফল্যের মূল্য যাঁরা জানতেন, তাঁরা জানা বিরলমৃত্তিকাকে পৃথক করতে সোৎসাহে লেগে পড়লেন এবং বিস্ময়কর ফলাফল পেয়েছিলেন। কিন্তু অচিরেই তাঁদের ভুল ঘোষণা করতে হয়েছিল। স্ক্যানডিয়ামের আবিষ্কারক এল. নিল্সন এবং তাঁর সহকারী জি. ক্রুস (G. Krüss) 1887 খ্রিস্টাব্দে আস্থার সঙ্গে ঘোষণা করেন যে, হোলমিয়ামকে চারিটি উপাদান এবং ডায়াসপ্রোসিয়ামকে তিনটি উপাদানে বিভক্ত করা যেতে পারে। এক কথায়, এক সঙ্গে সাতটা বিরলমৃত্তিকা জন্ম নিয়েছিল। ব্রাউনার, যিনি তাঁর বিবরণ ঘোষণার ব্যাপারে খুবই সতর্ক ছিলেন, তিনিও সেরিয়ামে

একটা অশুদ্ধি আবিষ্কার করেছিলেন। তিনি এটির নাম দিয়েছিলেন মেটাসেরিয়াম এবং এই রকম আরো অনেক।

বিজ্ঞানীগণ বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতির ওপর খুব বেশী বিশ্বাসী ছিলেন: বর্ণালিতে যখনই একটি নতুন রেখা দেখতেন তখনই একটি নতুন মৌল আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করতেন। সেই সময় বর্ণালি বিশ্লেষণ অপেক্ষাকৃত নতুন ছিল এবং এটা সব সময় প্রমাণ করা সম্ভব ছিল না যে, কখন নতুন রেখাটি নতুন মৌলের জন্যে এবং কখন একটি জানা মৌলের অশুদ্ধি হিসেবে থাকার ফলস্বরূপ ছিল। সম্ভবত, বিরলমৃত্তিকা আবিষ্কারের মিথ্যে ঘটনার জন্যে এইটাই ছিল প্রধান কারণ। অন্য কারণটি হলো, পৃথকীকরণ পদ্ধতি ছিল সংখ্যায় কম: কেবল আংশিক কেলাসন এবং আংশিক অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি ছিল। বিরলমৃত্তিকার লবণের দ্রাব্যতার পার্থক্যটি ছিল প্রথম পদ্ধতির ভিত্তি এবং লবণগুলির ক্ষারকীয়তার পার্থক্যটি ছিল দ্বিতীয়টির ভিত্তি। উৎপন্ন বস্তুটি বিশুদ্ধ মৃত্তিকা ছিল নাকি এতে কিছু অশুদ্ধি ছিল, সেটা কেমন করে প্রমাণ করা যেতে পারে? সময় সময় বিরলমৃত্তিকার অক্সাইডের আণবিক ভর মিলিয়ে নেওয়ার প্রয়োজন ছিল। এটা যদি মোটামুটি এক থাকতো, তবে অভীষ্টে পেঁছান যেত। এই পাদ্ধতিটি ছিল সময় সাপেক্ষ এবং জটিল।

1880 খ্রিস্টাব্দে মেণ্ডেলেয়েভের পর্যায় সূত্র এবং পর্যায় সারণী ব্যাপকভাবে স্বীকৃত হয়েছিল। অতঃপর নতুন আবিষ্কৃত যে কোন মৌলকে পর্যায় সারণীতে স্থান দিতেই হবে। প্রায় সব বিরলমৃত্তিকা "গৃহ-হারা" ছিল, পর্যায় সারণীতে জায়গা ছিল না বলে এমন হয়েছিল, তা নয়। বেরিয়াম থেকে ট্যাণ্টালাম পর্যন্ত অংশটি এগুলির জন্যে ছিল, কিন্তু বিরলমৃত্তিকা মৌলের ধর্মের সঙ্গে এগুলির মিল ছিল না। পর্যায় সারণীর বিভিন্ন শ্রেণীতে যদি এগুলিকে রাখা হতো, তবে তার মানে দাঁড়াতো এই যে, প্রতিটি শ্রেণী (তৃতীয় ও চতুর্থ শ্রেণী ছাড়া) বৈসাদৃশ্যযুক্ত মৌল দ্বারা পূর্ণ। এই কারণে ব্রাউনার এত কষ্ট করে ডাইডিয়ামের পঞ্চযোজ্যতা প্রমাণ করত চেয়েছিলেন। যেহেতু এই মৌলগুলির সঙ্গে পর্যায় সারণীর বিরোধ বেধেছিল, তাই একগাদা ভুল করা মোটেই কঠিন ছিল না। রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসে প্রথমবার এটি প্রস্তাবিত হয়েছিল যে, স্পষ্টকরে বলতে গেলে, বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলি মৌল ছিল না, কিন্তু মৌলগুলি বহুরূপে ছিল, আর এর জন্যে এগুলির ধর্মের মধ্যে নজিরবিহীন সাদৃশ্য ছিল।

এই ধারণাটি যে মানুষটি পোষণ করতেন, তাঁর নামের সঙ্গে আমরা আগেই পরিচিত হয়েছি এবং ভবিষ্যতে একাধিকবার সাক্ষাৎ লাভ হবে।

তিনি ছিলেন ইংরেজ বিজ্ঞানী ডবল্ক্রুক্স যিনি থ্যালিয়াম আবিষ্কার করেছিলেন। বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলিকে মৌলের বহুরূপ বলে তিনি ধারণা করতেন এবং নাম দিয়েছিলেন অধিমৌল। বর্ণালি বিশ্লেষণ গবেষণার দ্বারা ক্রুক্স এই সিদ্ধান্তে পেঁাছেছিলেন। কিন্তু এক্ষেত্রে বর্ণালি বিশ্লেষণ, এ কাজের সমদক্ষ ছিল না। পি. ই. লেকোক ডি বোইবাউড্রেন প্রতিপন্ন করেন যে, ক্রুক্সের সিদ্ধান্তে বিভ্রান্তি ছিল।

অধিমৌলের প্রকল্পটি এখানেই পরিসমাপ্ত হয়। সবচেয়ে কল্পনাপ্রসূত ধারণাগুলিতেও সময় সময় সামান্য সত্যতা থাকে। সাধারণ মৌলগুলি অধিমৌলের মিশ্রণ, এই ধারণায় বিশ্বাসী ডবলু. ক্রুক্স ধরে নিয়েছিলেন যে, প্রত্যেক মৌলে বিভিন্ন ধরনের পরমাণু আছে। এমনকি তিনি মৌল শব্দটির পরিবর্তে "মৌলিক শ্রেণী" শব্দটি ব্যবহার করার প্রস্তাব করেন।

ক্রুক্সের এই ধারণাটির সঙ্গে তুলনা করা চলে এমন ধারণাকে যে, অনেক রাসায়নিক মৌল প্রকৃতপক্ষে সমস্থানিকের মিশ্রণ। মৌলের সমস্থানিক প্রকৃতির পরবর্তী ধারণাটি ক্রুক্সের পূর্ব অনুমানের সঙ্গে বিস্ময়করভাবে মিলে গিয়েছিল।

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসের ক্ষেত্রে ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ ভাগটি ছিল "বিভ্রান্তির কাল", বলে আমরা বলেছি। যাহোক, ধাপে ধাপে বিজ্ঞানীগণ সত্যের দিকে অগ্রসর হয়েছিলেন। তাঁদের মধ্যে কোন কোন ব্যক্তি বিরলমৃত্তিকা মৌলের সম্ভাব্য সঠিক সংখ্যাটি মোটামুটি ভাবে নির্ধারিত করেছিলেন। এইচ. থমসেন (H. Thomsen) একেবারে মূলে আঘাত করেছিলেন: তিনি সংখ্যাটি 15 বলে প্রস্তাব করেন। বর্তমান কালেও ব্যবহৃত পর্যায় সারণীর "মইয়ের ন্যায়" বিন্যাসটি যিনি উপস্থাপিত করেন, তিনি এই থমসেনই ছিলেন। বি. ব্রাউনার সমস্ত বিরলমৃত্তিকা মৌলদের একই ঘরে রাখার কথা বলেন, যেটা বর্তমান কালেও মেনে নেওয়া হয়েছে।

বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির বিশাল কৃতিত্ব হিসেবে 1900 খ্রিস্টাব্দে প্যারিসে ওয়ার্ল্ড এক্জিবিশনে ল্যান্হানাম, সেরিয়াম এবং নিয়োডিমিয়ামের ধাতব নমুনাগুলি প্রদর্শিত হয়েছিল।

ইটারবিয়াম এবং লুটেশিয়াম

বিরলমৃত্তিকার রসায়নের উন্নতির ক্ষেত্রে জি. আরবেইনের যথেষ্ট অবদান আছে, যাঁর নাম এই অধ্যায়ের প্রথম লাইনে উল্লেখিত হয়েছে। পৃথকীকরণের পদ্ধতিগুলির তিনি যথেষ্ট উন্নতিসাধন করেন, অনেক অক্সাইডকে খুব

বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করেন (বিশুদ্ধ থুলিয়াম প্রস্তুতের জন্যে 15000 বার পুনর্কেলাসন করেন); তাদের পারমাণবিক ভর সঠিকভাবে নির্ণয় করেন; কিন্তু তিনি নিজে কোন একটি বিরলমৃত্তিকা মৌল আবিষ্কার করতে সফল হননি।

কেবলমাত্র 1907 খ্রিস্টাব্দে তাঁর একবার এই সৌভাগ্য হয়েছিল। ম্যারিগন্যাকের পুরানো "ইটারবিয়াম"টি দুটি মৌলের মিশ্রণ ছিল, বলে আরবেইন প্রতিপন্ন করেন। একটির জন্যে ঐ নামটা ঠিক রেখেছিলেন। অতএব ইটারবিয়ামের প্রকৃত জন্ম তারিখ 1907 খ্রিস্টাব্দ। ফরাসী দেশের প্রাচীন নাম "লুটেশিয়া"র সম্মানার্থে তিনি এই মৌলটির নাম দেন লুটেশিয়াম।

এটা প্রতিপন্ন হয়েছে যে "ইটারবিয়াম" নিয়ে আরবেইন যখন গবেষণা করছিলেন, ভন ওয়েলসবাখ (ডাইডিমিয়ামকে যিনি বার করেন) তখন একই ধরনের কাজ করছিলেন। "ইটারবিয়ামকে" দুই অংশে ভাগ করার পর এই অস্ট্রিয়ান রসায়নবিদটি আগেকার নামটি ভুলে গিয়েছিলেন এবং জ্যোতির্বিজ্ঞান থেকে ধার করে এই দুইটি মৌলের নামকরণ করেন "অ্যালডেবেরানিয়াম" এবং ক্যাসিয়োপিয়াম।

যাহোক, কয়েকমাস পূর্বে আরবেইনের প্রবন্ধটি প্রকাশিত হয় এবং এইভাবে লুটেশিয়াম আবিষ্কৃত হয়, যদিও জার্মানিতে বৈজ্ঞানিক নিবন্ধে "ক্যাসিয়োপিয়াম" নামটি এবং "Cp" চিহ্নটি বহুকাল ধরে ব্যবহৃত হয়েছিল। অনেক বিজ্ঞানী মনে করেন, ওয়েলসবাখের ফলাফলটি অনেক বেশী বিশ্বাসযোগ্য। বিরলমৃত্তিকার ইতিহাসে এটা হলো দ্বিতীয় নজির যেখানে দুটি ভিন্ন দেশের দু'জন বিজ্ঞানী নতুন একটি মৌল আবিষ্কারের ব্যাপারে অগ্রাধিকার দাবী করেছিলেন। এখানে তৃতীয় একজনার নাম যোগ করার যথেষ্ট কারণ আছে — তিনি হলেন আমেরিকার রসায়নবিদ সি. জেমস (C. James)। তিনি স্বতন্ত্রভাবে প্রমাণ করেন যে, "ইটারবিয়াম" হলো মৌলের মিশ্রণ। আমেরিকান বৈজ্ঞানিকমহল আরবেইন এবং ওয়েলসবাখের কাজের সঙ্গে পরিচিত হওয়ার পর, তিনি তাঁর কাজটি বর্ণনা করেন।

প্রাকৃতিক বিরলমৃত্তিকার মধ্যে সর্বশেষ মৌল বলে লুটেসিয়াম পরিগণিত হয়েছিল এবং বিরলমৃত্তিকা শ্রেণীর এখানেই পরিসমাপ্তি। আরবেইনের কিন্তু অন্য রকম মত ছিল। 1911 খ্রিস্টাব্দে তিনি সেলশিয়াম নামে একটি নতুন মৌল আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করেন এবং পর্যায় সারণীতে লুটেসিয়ামের পরে রাখেন। পরে এটা পরিস্কার হয়ে গিয়েছিল যে সেলটিয়াম ছিল ভুল

পরীক্ষার ফল। এটির বর্ণালিটি আরবেইন ভুলভাবে ব্যাখ্যা করেছিলেন: বর্ণালিতে পাওয়া নতুন রেখাটি আসলে ছিল একটি জানা মৌলের।

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাস থেকে শিক্ষা

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসটি খুবই শিক্ষামূলক। বিভিন্ন প্রজন্মের এক ডজন আত্মত্যাগী এই ইতিহাস লিখেছিলেন এবং যারা সস্তায় খ্যাতি ও সাফল্য অর্জন করতে চেয়েছিলেন তাঁদের এখানে কোন স্থান ছিল না। যমজ দুটি মৌলকে আলাদা করতে বিরক্তিকর ও অসংখ্যবার একই ধরনের পদ্ধতি অনুসরণ করতে সীমাহীন ধৈর্য্যের প্রয়োজন ছিল।

বিরলমৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসটি একাধিক পদ্ধতির সমষ্টি, যার থেকে একটি পদক্ষেপও প্রত্যাহার করা যায় না। একটি মৌলের আবিষ্কার অপর মৌলের আবিষ্কারের ক্ষেত্র তৈরি করেছিল। যদিও একাধিক বিভ্রান্তি অবশেষে সমস্ত ঘটনাটির পক্ষে মঙ্গল হয়ে দাঁড়িয়েছিল। কারণ বিজ্ঞানীগণ তাঁদের গবেষণা পদ্ধতির উন্নতি করেছিলেন, নিজেদের ও অন্যজনার ফলাফলকে যাচাই করে নিয়েছিলন। বিরলমৃত্তিকার ক্ষেত্রে, এই রকম মূল্যবান নতুন মৌলের আবিষ্কার যেমন বারংবার ঘটেছে তা আর অন্য কোন জায়গায় ঘটেনি। ভুলের সাগর থেকে সত্য ক্রমে ক্রমে বের হয়ে এসেছিল।

বিরলমৃত্তিকার নতুন খনিজ আবিষ্কারটি বিরলমৃত্তিকার ইতিহাসকে দারুণভাবে প্রভাবিত করেছিল। সামারস্কাইট এবং মোনাজাইট সঞ্চয়ের আবিষ্কারের গুরুত্ব সম্বন্ধে আমরা ইতিমধ্যে বলেছি, যেগুলি বিজ্ঞানীদের বিরলমৃত্তিকার খনিজ বস্তুর সম্বন্ধে সব রকম চাহিদা পূরণ করেছিল। খনিজ বস্তুর ওপর এই রকম নির্ভরশীলতা অন্য মৌলের ইতিহাসে বিরল। এবং অবশেষে বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলিকে পর্যায় সারণীতে উপযুক্ত স্থানে বসাতে এত রকমের সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়েছিল যে, তা আর অন্য মৌলের ক্ষেত্রে হয় নি: কতগুলি বিরলমৃত্তিকা মৌল ছিল, তা যেমন জানা ছিল না তেমন কেন এগুলির রাসায়নিক ধর্মের এত সাদৃশ্য ছিল তাও জানা ছিল না। 1921 খ্রিস্টাব্দে এই সাদৃশ্যের ব্যাপারে জানা যায়, যখন ড্যানিশ বিজ্ঞানী এন. বোর (N. Bohr) পর্যায় তন্ত্রের তত্ত্বটি উপস্থিত করেন। সমস্যাটির সমাধান খুঁজে পেতে বিজ্ঞানীটি সফল হয়েছিলেন, বহু দিন ধরে যেটি রসায়নবিদদের কৌশল এড়িয়ে চলছিল। এমনকি আমাদের কালেও পর্যায় সারণীতে বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলিকে সঠিক স্থানে স্থাপন করা নিয়ে মতভেদ চলছে।

অধ্যায় ৪

হিলিয়াম এবং অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ

হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপ্‌টন, জেনন এবং র‍্যাডন এই ছটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস (বর্তমানে এদেরকে নিষ্ক্রিয় মৌল বলে) প্রকৃতিতে খুবই দুষ্প্রাপ্য। বর্তমান কাল ছাড়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি রাসায়নিক যৌগ উৎপাদনে অক্ষম বলে মনে করা হতো, আর যার জন্যে এগুলির নাম হয়েছে "নিষ্ক্রিয়" বা "মহার্ঘ গ্যাস" (রামজে (Ramsay) অন্য নাম প্রস্তাব করেন — "বিরল গ্যাস", কিন্তু এটি গৃহীত হয় নি)। এগুলির দুষ্প্রাপ্যতা এবং নিষ্ক্রিয়তার জন্যে এগুলি পরে আবিষ্কৃত হয়, একদম ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দিকে, যখন ভৌত পদ্ধতিগুলি যেমন বর্ণালি বিশ্লেষণ এবং গ্যাসের তরলীকরণ, খুবই উন্নত পর্যায়ে উঠেছিল। এটা খুবই কৌতূহলের যে, অল্প কালের মধ্যে মুক্ত অবস্থায় সবকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কৃত হয়েছিল (কেবলমাত্র মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়)। আর্গন, হিলিয়াম, নিয়ন, ক্রিপ্‌টন এবং জেনন আবিষ্কারের চূড়ান্ত ভূমিকায় অংশ নিয়েছিলেন, কার্যত, একজন বিজ্ঞানী, তিনি হলেন বিখ্যাত ইংরেজ পদার্থ ও রসায়নবিদ ডবলু. র‍্যামজে। এই কাজের জন্যে 1904 খ্রিস্টাব্দে তিনি নোবেল পুরস্কার পান।

হিলিয়াম ও র‍্যাডনের আবিষ্কার অস্বাভাবিকভাবে হয়েছিল। তেজস্ক্রিয়তা গবেষণার ফলে র‍্যাডন আবিষ্কৃত হয়েছিল বা সংক্ষেপে বলতে গেলে, তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতি ব্যবহারে। অতএব অধ্যায় 11-এ আমরা এটি নিয়ে আলোচনা করবো, যেটি তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কারে নিয়োজিত। হিলিয়াম আবিষ্কারটি রসায়নের ইতিহাসে একটি অসাধারণ স্থান দখল করে আছে। 1868 খ্রিস্টাব্দে সৌর প্রজ্বালের বর্ণালিতে একটি রেখা সনাক্ত করা হয়েছিল, পৃথিবীতে জ্ঞাত মৌলের কোনটির সঙ্গে যার মিল পাওয়া যায়নি। এই রেখাটি সূর্যে অবস্থিত কোন একটি নতুন মৌলের লক্ষণ প্রকাশ করেছিল, যাকে "হিলিয়াম" নামে অভিহিত করা হয়েছিল। সাতাশ বছর পর পৃথিবীতে হিলিয়াম প্রথম প্রস্তুত করা হয়।

হিলিয়ামের অস্বাভাবিক গল্প অনেক বিজ্ঞানী ও বিজ্ঞানী-ইতিহাসবেত্তার মনোযোগ আকর্ষণ করেছিল। কিন্তু ঘটনার সঠিক পর্যায়টি একাধিক বর্ণনায় বিকৃত করা হয়েছিল, যেগুলি অলীক বর্ণনায় ছাপিয়ে গিয়েছিল। এমনকি সূর্য থেকে আবিষ্কৃত মৌলের সম্বন্ধে সুন্দর ও মোহিত করা রূপকথার গল্পও বানান হয়েছিল। কিন্তু এটি সত্য থেকে অনেক দূরে ছিল।

ফরাসী জ্যোতির্বিদ জে. জেনসেন (J. Janssen) এবং ইংরেজ জ্যোতির্বিদ এন. লকিয়ার (N. Lockyer) কে হিলিয়ামের আবিষ্কারক বলে মনে করা হয়। 1868 খ্রিস্টাব্দে তাঁরা সম্পূর্ণ সূর্যগ্রহণটি পরীক্ষা করেন, বিশেষত ভারত মহাসাগরের তীর থেকে যেটিকে প্রত্যক্ষ করার সুবিধে ছিল। প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসে পাঠান চিঠিতে এবং পরে যেটি এর এক সভায় পড়া হয়, তাতে তাঁরা লিখেছিলেন যে সূর্যগ্রহণ কালে নেওয়া বর্ণালির ফটোতে হলুদ রঙের এক নতুন রেখা D_3 ছিল, যেটি কোন অজানা মৌলের উপযুক্ত ছিল। এই অসাধারণ ঘটনাটির (নতুন মৌলের আবিষ্কার, যেটি সূর্যে উপস্থিত কিন্তু পৃথিবীতে অনুপস্থিত) স্মৃতি রক্ষার্থে পদক তৈরি করা হয়েছিল।

দুটি তারিখ ছাড়া এই মুগ্ধ করা গল্পের সব কিছুই ভুল ছিল। প্রথমত, 1868 খ্রিস্টাব্দের আগস্টে লকিয়ার ভারত মহাসাগরের সমুদ্রতীরে ছিলেন না এবং সম্পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখেননি। জেনসেন গ্রহণের পর পরীক্ষা চালিয়েছিলেন, যেগুলি জ্যোতির্বিজ্ঞানের পক্ষে খুব গুরুত্বপূর্ণ হলেও হিলিয়ামের ইতিহাসের ক্ষেত্রে কিন্তু নয়। ফরাসী জ্যোতির্বিদটা ছিলেন প্রথম ব্যক্তি যিনি সৌর প্রজ্বাল (সৌরবস্তুর প্রচণ্ড উৎক্ষেপণ) লক্ষ্য করেন, কিন্তু সূর্যগ্রহণের সময় নয় এবং তিনি এটির স্বরূপটি বর্ণনা করেন। প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসে তাঁর পাঠান টেলিগ্রামের বয়ানটি দেওয়া হলো: "গ্রহণ এবং সৌর প্রজ্বালে লক্ষ্য করা হয়েছে, বর্ণালিটি অসাধারণ এবং অভূতপূর্ব; সৌরপ্রজ্বালটি গ্যাসীয় প্রকৃতির।"

সেই সময় পর্যন্ত বিজ্ঞানীগণ সৌর প্রজ্বাল সম্বন্ধে কিছুই জানতেন না। এখন এটা স্পষ্ট যে, এগুলি গ্যাসীয় বস্তুর মেঘ ছিল এবং এগুলির জটিল রাসায়নিক গঠন ছিল। একটি চিঠিতে জেনসেন তাঁর গবেষণার বিশদ বিবরণ দেন। যে চিঠিটি 40 দিন পর প্যারিসে পৌঁছেছিল এবং এস. রেয়ে (S. Raye) নামে এক জোতির্বিদের চিঠির দু'সপ্তাহ পর পৌঁছেছিল।

শেষোক্ত ব্যক্তিও সৌর প্রজ্বাল দেখেছিলেন এবং এগুলির সম্বন্ধে বিশেষ কিছু সিদ্ধান্ত করেছিলেন। এবং সেই সময় লকিয়ার কী করছিলেন? ইংল্যান্ড না ছেড়েই, বিশেষভাবে নির্মিত বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে সৌর প্রজ্বাল লক্ষ্য করেন এবং বর্ণালিতে রেখাগুলির অবস্থান নির্ণয় করেন। 23 অক্টোবর তিনি একটি চিঠি প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসে পাঠান; অদ্ভুত কাকতালীয় ব্যাপার যে, ঐ একই দিনে জে. জেনসেনের চিঠিও ওখানে পৌঁছেছিল।

26 অক্টোবরে অ্যাকাডেমির সভায় জেনসেন ও লকিয়ারের চিঠি দুটি পড়া হয়, কিন্তু সূর্যের প্রাকল্পিক মৌল বা রেখা যেটি পরে হিলিয়ামের বর্ণালির বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ছিল বলে সনাক্ত করা হয়েছিল, এগুলির সম্বন্ধে একটা কথাও চিঠি দুটিতে ছিল না। চিঠি দুটিতে এইটাই দেখান ছিল যে সূর্য যখন গ্রহণগ্রস্থ ছিল না তখন প্রজ্বালটি লক্ষ্য করা হয়েছিল। এবং এই ঘটনাটি, স্মরণার্থে পদকটিতে যথাযথভাবে মুদ্রিত ছিল।

অতএব, 1868 খ্রিস্টাব্দে 18 আগস্ট জেনসেন বা লকিয়ার — কেউই হিলিয়াম আবিষ্কার করেন নি। তাঁদের পর্যবেক্ষণগুলি অন্যান্য জ্যোতির্বিদদের সৌর প্রজ্বাল নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করতে উদ্বুদ্ধ করেছিল। এর পরেই এটি লক্ষ্য করা হয়েছিল যে প্রজ্বালের বর্ণালিতে একটি রেখা ছিল, যেটি পৃথিবীতে জানা কোন মৌলের সঙ্গে মিলছিল না। ইটালীর জ্যোতির্বিদ এ. সেচি (A. Secci) খুব স্পষ্ট ভাবে রেখাটি লক্ষ্য করেন, যিনি এই রেখাটিকে D_3 চিহ্ন দ্বারা সূচিত করেন। জেনসেন এবং লকিয়ারের নামের পাশাপাশি সেচির নামও থাকা উচিত। হিলিয়াম আবিষ্কারের ক্ষেত্রে তাঁর ভূমিকা তাঁর পূর্বসূরিদের থেকে কোন অংশে কম ছিল না। কোন জানা মৌলের জন্যে এই D_3 রেখাটি হতে পারে বলে সেচি মনে করেছিলেন। যেমন অধিক চাপে এবং তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন। এই অনুমানটি যদি দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন না করা হতো, তবে এই D_3 রেখাটিকে পৃথিবীতে অজ্ঞাত কোন মৌলের জন্যে বলে সেচি মনে করতে সম্মত হতে পারতেন।

সেচি কর্তৃক উত্থাপিত সমস্যাটি এন. লকিয়ার এবং ই. ফ্রাঙ্কল্যান্ড (E. Frankland) সমাধান করতে চেষ্টা করেছিলেন। কিন্তু হাইড্রোজেনের বর্ণালির কোন পরিবর্তন তাঁরা লক্ষ্য করেন নি। 1871 খ্রিস্টাব্দের 3 এপ্রিল, "একটি নতুন মৌল X" এই ভাষা লকিয়ার তাঁর নিবন্ধে ব্যবহার করেন। ফ্রাঙ্কল্যান্ড হিলিয়াম নামটি প্রস্তাব করেন বলে ইঙ্গিত পাওয়া যায় (গ্রীক শব্দ "হেলিয়োস" (helios) মানে "সৌর")। ঐ বছর 3 আগস্ট

ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েশনের সভায়, এর সভাপতি ভি. থমসন (লর্ড কেলভিন) "হিলিয়াম" শব্দটি প্রথম উচ্চারণ করেন। এমনকি যদি আমরা মেনেও নেই যে, হিলিয়ামের আবিষ্কার নিয়ে তর্কাতর্কি করা বৃথা তবুও অস্বাভাবিকতা থেকেই যায়। এইটি একমাত্র মৌল যাকে বস্তুরূপে আবিষ্কার করা যায় নি। সাধারণ অবস্থায় হিলিয়াম গ্যাস, তরল বা কঠিন কোন অবস্থায় থাকে? এটির ধর্ম কি রকম? এটির পারমাণবিক ভর কত এবং মৌলের স্বাভাবিক শ্রেণীতে এটির স্থান কোথায়?

এই সব প্রশ্নের কোন উত্তরই দেওয়া যায় নি। তাছাড়াও সেসির সন্দেহটি তখনও কাটে নি। এইভাবে হিলিয়ামের ইতিহাসে এমন একটি যুগের সূচনা হয়েছিল যখন এটি কেবলমাত্র প্রাকল্পিক মৌল ছিল। হিলিয়াম সম্বন্ধে কোন মতৈক্য ছিল না। সেসির অভিমতকে মেণ্ডেলেয়েভ দৃঢ়ভাবে সমর্থন করেন এবং মনে করেন যে, উচ্চ চাপে এবং তাপমাত্রায় কোন জ্ঞাত মৌলের জন্যে এই উজ্জ্বল হলুদ রেখাটি হতে পারে। যাহোক, ডবলু. ক্রুক্স হিলিয়ামের স্বাতন্ত্র্যকে সম্পূর্ণভাবে স্বীকার করেন এবং প্রাথমিক বস্তু হিসেবে বিবেচনা করেন। সেটির ক্রম রূপান্তরের মধ্যে দিয়ে অন্যান্য সকল মৌল সৃষ্টি হয়।

কখনও কখনও এটা মনে হতো যে, রহস্যের ব্যাপারে হিলিয়ামই অদ্বিতীয় নয়। সূর্য, নক্ষত্র এবং নীহারিকা প্রভৃতি মহাজাগতিক বিভিন্ন বস্তুর বর্ণালিতে জ্যোতির্বিদগণ নতুন রেখা আবিষ্কার করেছেন। অনেক প্রাকল্পিক মৌলের আবির্ভাব হয়েছিল — যেমন করোনিয়াম, আর্কোনিয়াম, নেবুলিয়াম, ফটোফ্লোরিন ইত্যাদি। কয়েক বছর পর সব কটি অবিদ্যমান বলে প্রতিপন্ন হয়, কেবল হিলিয়াম বেঁচে ছিল।

স্বীকৃতি পেতে গেলে, পৃথিবীতে হিলিয়ামকে "মুখ দেখাতেই" হবে এবং অপ্রত্যাশিত এক ঘটনা থেকে এটির "পৃথিবীর" ইতিহাসটি শুরু হয়েছিল।

1895 খ্রিস্টাব্দের 1 ফেব্রুয়ারী কে. মিয়ের্স (K. Miers) নামে ব্রিটিশ জাদুঘরের এক কর্মীর কাছ থেকে ডবলু. র‍্যামজে (W. Ramsay) একখানি ছোট চিঠি পান। সেই সময় আর্গনের আবিষ্কারক হিসেবে র‍্যামজে প্রচুর খ্যাতি পেয়েছিলেন এবং মিয়ের্স যে তাঁকে হঠাৎ সাব্যস্ত করেননি, তা আমরা ভাবতে পারি। তিনি আমেরিকান গবেষক ডবলু. হিল্‌ডেব্রান্ড (W. Hildebrand)-এর পরীক্ষা সম্বন্ধে চিঠি লেখেন। হিল্‌ডেব্রান্ড ইউ. এস. জিয়োলজিক্যাল ইনস্টিটিউটে সেই 1890 খ্রিস্টাব্দে গবেষণা

করেন। কিছু থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়াম খনিজকে (যেমন ক্লেভাইট) উত্তপ্ত করলে রাসায়নিক ভাবে নিস্ক্রিয় গ্যাস নির্গত হয় এবং এটির বর্ণালিটি নাইট্রোজেনের ন্যায় এবং আরো কিছু নতুন রেখা এতে আছে।

পরে হিল্‌ডেব্রান্ড নিজে র‍্যামজের কাছে স্বীকার করেন যে, এই রেখাগুলি নতুন মৌলের ওপর আরোপিত করতে তার ইচ্ছে হয়েছিল। কিন্তু তাঁর বন্ধু ফলাফল সম্বন্ধে সন্দেহপ্রবণ হওয়ায় হিল্‌ডেব্রান্ড তাঁর গবেষণা বন্ধ করে দেন। প্রাকৃতিক অনেক ইউরেনেটে নাইট্রোজেনের উপস্থিতির পরিপ্রেক্ষিতে এই পরীক্ষাটি আবার করার সঙ্গত কারণ আছে বলে মিয়ের্স মনে করতেন।

স্পষ্টত, হিল্‌ডেব্রান্ডের নিস্ক্রিয় গ্যাসটি আর্গন হতে পারে বলে র‍্যামজে বিশ্বাস করেছিলেন। অতঃপর, তিনি মিয়ের্সের সঙ্গে একমত হন এবং 5 ফেব্রুয়ারী তিনি অল্প পরিমাণ ক্লেভাইট জোগাড় করলেন। আর্গন নিয়ে গবেষণা করতে এবং এটির যৌগ প্রস্তুতিতে র‍্যামজে নিজে ব্যস্ত থাকায়, তিনি তাঁর ছাত্র ডি. ম্যাথ্যুস (D. Matthews) কে পরীক্ষাটি চালিয়ে যেতে বলেছিলেন। ম্যাথ্যুস খনিজটিতে গরম সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করেছিলেন এবং হিল্‌ডেব্রান্ডের ন্যায় তিনিও লক্ষ্য করেন যে, নাইট্রোজেনের মত গ্যাসের বুদ্বুদ সৃষ্টি হচ্ছে।

পর্যাপ্ত পরিমাণে গ্যাস সংগৃহীত হলে র‍্যামজে এটির বর্ণালি বিশ্লেষণ করেন (14 মার্চ)। ছবিটি অকল্পনীয় ছিল: বর্ণালিটিতে উজ্জ্বল দাগ ছিল এবং যেটির রেখাগুলিকে নাইট্রোজেন এবং আর্গনের বর্ণালিতে পাওয়া যায়নি।

স্থির সিদ্ধান্ত করতে র‍্যামজের কাছে যথেষ্ট কারণ না থাকলেও, তিনি মনে করেছিলেন যে ক্লেভাইটে আর্গন ছাড়াও অজানা আর একটি গ্যাস আছে। যথাসম্ভব বিশুদ্ধ রূপে গ্যাসটি প্রস্তুত করতে র‍্যামজে এক সপ্তাহ অতিবাহিত করেন। 22 মার্চ বি. ব্রাউনার (B. Brauner)-এর উপস্থিতিতে তিনি আর্গনের বর্ণালির সঙ্গে এই অজানা গ্যাসের বর্ণালিটির তুলনা করেন। গ্রীক শব্দ ক্রিপ্‌টস ("গোপন"; "ঢাকা-থাকা") থেকে মৌলটির অস্থায়ী নামকরণ করেন "ক্রিপটন"। নামটি পরে অন্য মৌলের ক্ষেত্রে চলে গিয়েছিল। বিজ্ঞানীটি তাঁর রোজনামচায় লিখেছিলেন যে, ক্রিপটনের উজ্জ্বল হলুদ রেখাটি সোডিয়ামের ছিল না এবং আর্গনের বর্ণালিতেও দেখা যায়নি। (ছয়ের দশকের শেষ ভাগে এটা প্রমাণ করার প্রয়োজন হয়েছিল যে সৌর

হিলিয়ামের D_3 রেখাটি সোডিয়ামের উজ্জ্বল রেখাটির সঙ্গে এক ছিল না; আমরা যা দেখেছি তা ইতিহাসের পুনরাবৃত্তি ঘটেছিল)।

নিজের ফলাফল সম্বন্ধে নিশ্চিত না হয়েই, র‍্যামজে গ্যাস-ভর্ত্তি একটা অ্যাম্পুল ক্রুক্‌সের কাছে পাঠান। একদিন পরে ক্রুক্‌স একটা টেলিগ্রাম পাঠিয়েছিলেন, তাতে বলা হলো: "ক্রিপটন হলো হিলিয়াম, 587·49; আসুন এবং দেখুন।" 587·49 সংখ্যাটি সৌরহিলিয়ামের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের সঙ্গে অভিন্ন ছিল; সেটি এক বিশেষভাবে তৈরি স্কেল দিয়ে নির্ধারণ করা হয়েছিল।

পৃথিবীর বুকে হিলিয়ামকে সনাক্ত করা, এই সকল তথ্য সহজতর করেছিল; অন্যকথায় আবিষ্কারটি স্বতন্ত্র ধরনের ছিল।

এর ফলে বিজ্ঞানীদের হিলিয়াম নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করা সম্ভব হয়েছিল — একটি নতুন রাসায়নিক মৌল যেটি আর প্রাকল্পিক ছিল না। হিলিয়ামের রাসায়নিক দিক থেকে সম্পূর্ণ নিস্ক্রিয়তা সন্দেহজনক ব্যাপার ছিল না: ঐ রকম নিস্ক্রিয়তা আর্গনের ক্ষেত্রেও ইতিমধ্যে (1894) জানা ছিল।

ক্রুক্‌স কর্তৃক সম্পাদিত "কেমিক্যাল নিউস" পত্রিকায় 1895 খ্রিস্টাব্দে 29 মার্চ তারিখে, পৃথিবীর বুকে হিলিয়াম আবিষ্কারের সংক্ষিপ্ত বিবরণটি র‍্যামজে প্রকাশিত করেন। এটা কৌতূহলের ব্যাপার যে, প্রায় একই সময় সুইডিশ রসায়নবিদ পি. ক্লেভে (P.Cleve) (যাঁর সম্মানার্থে খনিজটির নামকরণ করা হয়েছিল) এবং তাঁর সহকর্মী এ. ল্যাংলেট (A. Lunglet) মহাজাগতিক হিলিয়ামকে ক্লেভাইট খনিজে আবিষ্কার করেন। তাঁরা তাঁদের পরীক্ষার ব্যাপারে অল্প একটু দেরী করে ফেলেন এবং তাঁদের হতাশা ব্যক্ত করেন, কিন্তু কোনভাবেই অগ্রাধিকার দাবী করেননি।

মহাজাগতিক হিলিয়াম সম্পূর্ণ স্বীকৃতি পেয়েছিল এবং র‍্যামজের ফলাফলকে খন্ডণ করার কোন চেষ্টা হয় নি। অল্প কালের মধ্যে অন্যান্য খনিজ এবং ঝরণার জলে হিলিয়াম আবিষ্কৃত হয়েছিল। 1898 খ্রিস্টাব্দে পৃথিবীর বায়ুমন্ডলে হিলিয়াম পাওয়া যায়।

আর্গন

"1785 খ্রিস্টাব্দে এইচ. ক্যাভেনডিশ নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলি আবিষ্কার করেছিলেন" — এমন বিবৃতি যদি আপনারা দেখেন তবে সেটা ঠাট্টা বলে মনে করতে পারেন। কিন্তু যতই এটা অবাস্তব মনে করুন না কেন কার্যত



আর. ব্নসেন

এটি সত্য। কেবল "আবিষ্কার হওয়া" কথাটা এখানে ঠিক মত ব্যবহৃত হয় নি। 1660 খি্রস্টাব্দে আর. বয়েল অথবা 1745 সালে ম. ভ. লোমোনোসভ হাইড্রোজেন আবিষ্কার করেছিলেন — এই কথাগ্লি ঘোষণা করার মতই, তিনি সমান সমর্থনযোগ্য হতেন। ক্যাভেনডিশ তাঁর পরীক্ষায় কেবল "একটা কিছ্" দেখেছিলেন, যেটির স্বর্প একশো বছর পর পরিষ্কার হয়েছিল। ক্যাভেনডিশ তাঁর একটি গবেষণা বিবরণে লিখেছিলেন যে, অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেনের মিশ্রণের মধ্যে দিয়ে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠিয়ে তিনি অল্প আয়তনের অবশেষ পেয়েছিলেন, যার আয়তনটি ছিল প্রাথমিক মিশ্রণের আয়তনের 1/125 ভাগ মাত্র। তড়িৎ-মোক্ষণের পরও এই গ্যাসটি অক্ষত থাকে। এটা এখন পরিষ্কার যে, এটি নিস্ক্রিয় গ্যাসের মিশ্রণ ছিল, যে ঘটনাটি ক্যাভেনডিশ ব্ঝতে বা ব্যাখ্যা করতে পারেননি। 1849 খি্রস্টাব্দে "লাইফ অফ হেনরি ক্যাভেনডিশ" নামে বইয়ে জীবনীকার এইচ. উইলসন (H. Wilson) এই বিখ্যাত ইংরেজ পদার্থবিদের গবেষণার কথা বর্ণনা করেন। প্ল্যাটিনাম অন্ঘটকের উপস্থিতিতে র‍্যামজে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের সঙ্গে গ্যাসীয় নাইট্রোজেনের বিক্রিয়া গবেষণা করেন। এই গবেষণা থেকে কিছ্ই পাওয়া যায়নি এবং র‍্যামজে ফলাফল কিছ্ প্রকাশিতও করেননি। পরে তিনি স্মৃতিচারণে বলেছিলেন

যে উইলসনের লেখা বইটি তিনি কেবল পড়েছিলেন। তাতে ক্যাভেনডিশের পরীক্ষার বর্ণনার "প্রতি নজর দিন" — এই কথাগুলি লেখা ছিল। এমনকি তিনি তাঁর সহকারী সি. উইলিয়ামস (C. Williams) কে পরীক্ষাটি পুনর্বার করতে বলেন। কিন্তু সেই পরীক্ষার ফলাফল আমাদের জানা নেই। সম্ভবত, কিছুই পাওয়া যায় নি। যাহোক, র‍্যামজের পক্ষে এই কাহিনী ভুলে যাওয়া অসম্ভব ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছে (তাঁর "সুপ্ত স্মৃতিতে", যা তিনি বলতেন) এবং আর্গন আবিষ্কারের প্রাক-ইতিহাসে বিশেষ এক ভূমিকা নিয়েছিল। প্রথমে এটির মুখ্য ভূমিকায় ছিলেন ইংরেজ পদার্থবিদ জে. র‍্যালিথ (J. Rayleigh) এবং এটির ঐতিহাসিক পদভূমিকায় ছিল পারমাণবিক ও আণবিক তত্ত্বের আরো উন্নতির প্রয়োজনটা। এই তত্ত্বের উন্নতির জন্যে পারমাণবিক ভরকে সুনির্দিষ্ট করা অত্যন্ত প্রয়োজন ছিল। একাধিক পরীক্ষায় দেখা গিয়েছিল যে, বেশীভাগ ক্ষেত্রে পারমাণবিক ভর পূর্ণ সংখ্যায় ছিল না। ইতিমধ্যে 1815-1816 খ্রিস্টাব্দের সময় ইংরেজ পদার্থবিদ ডবলু. প্রাউট (W. Prout) একটি প্রকল্প দাঁড় করিয়েছিলেন, যেটি প্রাকৃতিক বিজ্ঞানের ইতিহাসে চিরস্মরণীয় হয়ে আছে। প্রকল্পটি হলো এই যে, সমস্ত রাসায়নিক মৌলের পরমাণুগুলি হাইড্রোজেন-পরমাণু সমবায়ে গঠিত; অতএব সমস্ত পারমাণবিক ভরগুলি পূর্ণ সংখ্যায় হতেই হবে। অতএব হয় প্রাউট ভুল করেছেন, না হয় পারমাণবিক ভর নির্ণয়ে ভুল হয়েছে।

এই অসংগতি দূর করতে, গ্যাসের গঠন ও স্বরূপ নতুন করে নির্ধারণের প্রয়োজন হয়েছিল। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ন্যায় বায়ুমণ্ডলের প্রধান উপাদানগুলির ঘনত্ব সর্বাগ্রে নির্ণয় করা প্রয়োজন বলে র‍্যালিথ মনে করেছিলেন, কারণ তাহলে এগুলির পারমাণবিক ভরগুলি ঘনত্বের পরিপ্রেক্ষিতে গণনা করা যেতে পারে।

1892 খ্রিস্টাব্দের 29 সেপ্টেম্বর প্রভাবশালী ইংরেজ পত্রিকা "নেচার"-এ র‍্যালিথ একটি ছোট নিবন্ধ প্রকাশিত করেন। নিবন্ধটি তুচ্ছ বলে মনে হতে পারে। বাতাস থেকে পৃথক করা নাইট্রোজেনের ঘনত্ব এবং বাতাস ও অ্যামোনিয়া মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত তামার তারের ওপর দিয়ে প্রবাহিত করার ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের ঘনত্বের মধ্যে পার্থক্য ছিল। পার্থক্যটা খুব সামান্য ছিল, মাত্র 0·001। কিন্তু এটাকে গবেষণার ভুল বলা যেতে পারে না। বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ভারী ছিল। ফলে রহস্যের উদ্ভব হয়, যাকে "অস্বাভাবিক উচ্চ ঘনত্ব বিশিষ্ট বায়ুমণ্ডলীয় নাইট্রোজেন" বলে বর্ণনা করা

হয়েছিল। রাসায়নিক কৌশলে প্রস্তুত যে কোন নাইট্রোজেনের ঘনত্ব ঐ পরিমাণে সর্বসময় কম হয়।

এই গরমিলের কারণ কি ছিল? র‍্যামজে এই সমস্যাটির প্রতি আকৃষ্ট হন। 1894 খ্রিস্টাব্দের 19 এপ্রিল তারিখে তিনি র‍্যালিথের সঙ্গে সাক্ষাৎ করে ব্যাপারটি নিয়ে আলোচনা করেন। প্রত্যেকেই তাঁদের পূর্ব সিদ্ধান্তে অটল রইলেন। র‍্যামজের বিশ্বাস ছিল যে, বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনে একটি ভারী নাইট্রোজের মিশ্রিত অবস্থায় আছে এবং র‍্যালিথ, পক্ষান্তরে অনুমান করেছিলেন যে "রাসায়নিক" নাইট্রোজেনের সঙ্গে একটি হাল্কা গ্যাস মিশ্রিত হওয়ার ফলে এই গরমিল দায়ী।

র‍্যালিথের ধারণাটি অনেক বেশী আকর্ষণীয় ছিল। একশো বছর ধরে বায়ুমণ্ডলের উপাদান নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করা হয়েছিল এবং এটা ভাবা প্রায় অসম্ভব ছিল যে, বাতাসের একটি উপাদান অনাবিষ্কৃত অবস্থায় রয়ে গিয়েছে। ক্যাভেনডিশের পরীক্ষাটি স্মরণ করার এইটাই ছিল প্রকৃষ্ট সময় এবং র‍্যামজের "সুপ্ত স্মৃতি" এই সময় কাজ করে। 29 এপ্রিল র‍্যামজে এক চিঠিতে তাঁর স্ত্রীকে লেখেন যে সম্ভবত নাইট্রোজেনে কোন নিস্ক্রিয় গ্যাস বর্তমান, যেটি তাঁদের দৃষ্টির বাইরে রয়ে গিয়েছিল। উইলিয়ামস নাইট্রোজেনের সঙ্গে ম্যাগনেশিয়ামের বিক্রিয়া করাচ্ছেন এবং বিক্রিয়ার শেষে কি পড়ে থাকছে তা প্রতিষ্ঠিত করতে চেষ্টা করছেন। "আমরা একটি নতুন মৌল আবিষ্কার করতে পারি।"

চিঠিখানা আস্থা সঞ্চারিত করেছিল: অজানা গ্যাসটি একটি নতুন মৌল, যেটি নাইট্রোজেনের মত নিস্ক্রিয়। তারমানে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এটি অংশ নেয়ই না। রাসায়নিকভাবে তিনি নাইট্রোজেনকে আবদ্ধ করে রাখতে চেষ্টা করেছিলেন এবং লোহিত তপ্ত ম্যাগনেশিয়ামের সঙ্গে নাইট্রোজেনের বিক্রিয়াটিকে কাজে লাগিয়েছিলেন ($3Mg+N_2=Mg_3N_2$) ; এইটাই একমাত্র উদাহরণ যেখানে নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলি আবিষ্কারের ক্ষেত্রে রসায়ন একটি ভূমিকা নিয়েছিল।

স্ববিরোধে প্রবেশ করে র‍্যামজে অন্য সম্ভাবনাও চিন্তা করেছিলেন: অজানা গ্যাসটি নতুন কোন মৌল নয়, নাইট্রোজেনের একটি বহুরূপ, যার অণুটিতে তিনটি নাইট্রোজেন পরমাণু (N_3) আছে, যেমন অক্সিজেন অণু (O_2) এবং ওজোন অণু (O_3)। ম্যাগনেশিয়াম দ্বারা নাইট্রোজেন শোষণ কালে নাইট্রোজেন অণু নাইট্রোজেন পরমাণুতে অবশ্যই বিভক্ত হয়; অতঃপর N_3 অণু সৃষ্টিতে একক নাইট্রোজেন পরমাণু নাইট্রোজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত

হয়। এই রকম চিন্তা-ভাবনা ছিল র্যামজের। "N_3"র উপস্থিতির এই পরবর্তী ধারণাটি আর্গন বিরোধীদের হাতে 'তুরূপের তাস' হয়েছিল। প্রায় দু'মাস ধরে ওজোনের অনুরূপ, নাইট্রোজেনকে পৃথক করার বৃথা চেষ্টা হয়েছিল। 3 আগস্টের মধ্যে র্যামজের হাতে প্রায় 100 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস ছিল, যেটি 19·086 ঘনত্ব বিশিষ্ট নাইট্রোজেন ছিল।

বিজ্ঞানীটি তাঁর সাফল্যের সম্বন্ধে ক্রুক্স এবং র্যালিথকে চিঠি লেখেন। বর্ণালি বিশ্লেষণ গবেষণার জন্যে তিনি গ্যাস-ভর্তি একটা অ্যাম্পুল ক্রুক্সের কাছে পাঠান। র্যালিথ নিজেও অল্প পরিমাণ এই নতুন গ্যাসটি সংগ্রহ করেন। আগস্ট মাসের মাঝামাঝি সময় র্যামজে এবং র্যালিথ এক বৈজ্ঞানিক অধিবেশনে মিলিত হন এবং মিলিতভাবে একটি বিবরণ পেশ করেন। গ্যাসটির বর্ণালিটি তারা বর্ণনা করেন এবং এটির রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তাটি বিশেষভাবে উল্লেখ করেন। অনেক বিজ্ঞানী বিবরণটি কৌতূহলের সঙ্গে শোনেন এবং অভিভূত হন: বাতাসে একটি নতুন উপাদান কেমন করে থাকতে পারে? বিশিষ্ট পদার্থবিদ ও. লজ (O. Lodge) এমনকি জিজ্ঞাসা করেছিলেন: "মশায়, নতুন গ্যাসটির একটি নামও নিশ্চয় আপনারা রেখেছেন?"

নভেম্বরের প্রথমে, নাম নিয়ে সমস্যাটির সমাধান হয়েছিল, যখন র্যামজে এই মৌলটির অস্বাভাবিক রকমের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্যে র্যালিথের কাছে এই মৌলটির নাম আর্গন রাখার প্রস্তাব উত্থাপন করেন (গ্রীক ভাষায় আর্গন মানে "নিস্ক্রিয়") এবং এটির চিহ্নটি A রাখেন (পরে যেটি Ar-এ পরিণত হয়)। 30 নভেম্বরে, রয়েল সোসাইটির সভাপতি লর্ড কেলভিন (Lord Kelvin) (ডবলু. থমসন (W. Thomson), যিনি 1871 সালে হিলিয়াম নামটি প্রথম ব্যবহার করেন) বায়ুমণ্ডলের একটি নতুন উপাদান আবিষ্কারটিকে বছরের অসাধারণ বৈজ্ঞানিক ঘটনা বলে সর্বসমক্ষে বর্ণনা করেন। যদিও উপাদানটির স্বরূপটি অস্পষ্ট ছিল। এটা কি একটি রাসায়নিক মৌল? দ. ই. মেণ্ডেলেয়েভ এবং তরল বায়ু রাখার ফ্লাস্কের আবিষ্কারক জে. ডিওয়ার (J. Dewar)-এর ন্যায় বিশিষ্ট পণ্ডিতও বিশ্বাস করতেন যে, আর্গন হলো N_3। আর্গনের সম্পূর্ণ রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তাটি রসায়নবিদদের কাছে পূর্বে অজ্ঞাত এক নতুন ধর্ম ছিল। ফলে গ্যাসটি নিয়ে গবেষণায় অসুবিধে ছিল, বিশেষ করে, পারমাণবিক ভর নির্ণয় করাটা। এছাড়াও, এটা স্পষ্ট ছিল যে আর্গন একপরমাণুক ছিল, তার মানে এর প্রতিটি অণু

একটিমাত্র পরমাণু দিয়ে গঠিত। এটা অন্য সমস্ত মৌল-গ্যাসের ক্ষেত্রে জানা ছিল না।

1895 খিস্টাব্দের 14 মার্চ তারিখে রাশিয়ান কেমিক্যাল সোসাইটির এক অধিবেশনে মেন্ডেলেয়েভ ঘোষণা করেন যে আর্গনের পারমাণবিক ভর (40) পর্যায় সারণীতে খাপ খায় না। অতএব আর্গন হলো সংযুক্ত নাইট্রোজেন N_3।

আর্গনের আবিষ্কার থেকে উদ্ভূত নানান সমস্যা সমাধান করতে অনেক সময় বয়ে গিয়েছিল। এখানে হিলিয়ামের আবিষ্কারটি বিশেষ ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল। হিলিয়ামও নিস্ক্রিয় একপরমাণুক ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল। আর্গন-হিলিয়াম জুটি এটা ভাবতে সাহায্য করেছিল যে, এই ধরনের গ্যাসের উপস্থিতি আকস্মিকের চেয়ে বরং স্বাভাবিকই ছিল। যে কেউ এই শ্রেণীর নতুন সদস্যদের আবিষ্কারের ব্যাপারটা ধারণা করতে পারে। যাহোক, তিন বছরের আগে সেগুলি আবিষ্কৃত হয় নি। ইতিমধ্যে, বিজ্ঞানীগণ আর্গন ও হিলিয়াম নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন এবং সূক্ষ্মভাবে এগুলির পারমাণবিক ভর নির্ণয় করেন। পর্যায় সারণীতে এদুটির অবস্থানের ব্যাপারে নিজেদের মতামত ব্যক্ত করেন।

ক্রিপ্টন, নিয়ন এবং জেনন

নিস্ক্রিয় গ্যাসের ইতিহাসে সুপ্ত অবস্থা আরম্ভ হয়েছিল। এর জন্যে অনেক কারণ ছিল। সেগুলির মধ্যে অন্যতম হলো এই যে, বিজ্ঞানীগণ খুব কম পরিমাণ আর্গন ও হিলিয়াম নিয়ে কাজ করেছিলেন। বাতাস থেকে এগুলি প্রস্তুতে, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই অক্সাইডকে রাসায়নিকভাবে দূর করতে হয়। পৃথিবীর বায়ুমন্ডলের খুব নগণ্য অংশ সমস্ত নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলি অধিকার করে আছে। আর্গন ও হিলিয়ামের পশ্চাদপটে এইগুলির অনুরূপ সদস্যদের সনাক্ত করা বিশেষ কঠিন সমস্যা ছিল। আর্গন ও হিলিয়ামের রাসায়নিক নিস্ক্রিয়তা ছিল অন্য কারণ। এমনকি সবচেয়ে সক্রিয় মৌলগুলির (যেমন ফ্লোরিন) এক্ষেত্রে কোন ক্ষমতা ছিল না। নিস্ক্রিয় গ্যাসের গবেষণার জন্যে রসায়নবিদদের কোন রাস্তা ছিল না এবং কেবলমাত্র ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে ফলাফল পাওয়া যেতে পারতো। অতএব, উন্নততর ভৌত পদ্ধতির প্রয়োজন ছিল এবং নিস্ক্রিয় গ্যাসের সুপ্ত অবস্থা কালে এই কৌশলগুলির উন্নতি হয়েছিল। বিজ্ঞানীগণ

অল্প পরিমাণ গ্যাসকে বিশ্লেষণ করতে, বর্ণালিবীক্ষণকে সম্পূর্ণ উন্নত করতে এবং গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করতে উন্নত ধরনের কৌশলগুলি উদ্ভাবন করেছিলেন। অবশেষে, এমন ঘটনা ঘটেছিল যেটা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইতিহাসের পক্ষে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ছিল। ইংল্যান্ডের ইউ. হ্যাম্পসন (U. Hampson) এবং জার্মানির জি. লিন্‌ডে (G. Linde) নামে দুজন ইঞ্জিনিয়ার গ্যাসগুলিকে তরল করার পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। হ্যাম্প্‌সন এমন যন্ত্র তৈরি করেছিলেন যেটি প্রতি ঘণ্টায় এক লিটার তরল বায়ু উৎপন্ন করতে পারতো। বিজ্ঞানীদের উদ্ভাবনী চিন্তায় এই সাফল্য প্রেরণা জুগিয়েছিল। 1899 খ্রিস্টাব্দে রামজের সহকারী ট্রাভার্স প্রচুর পরিমাণে তরল আর্গন প্রস্তুতের জন্যে হিমায়নকারী যন্ত্রের নক্সা প্রস্তুত করা আরম্ভ করেন। যেহেতু, বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত গ্যাসগুলি বিভিন্ন তাপমাত্রায় তরলে পরিণত করা যায়. অতএব সেগুলিকে সহজে পৃথক করা যেতে পারে।

আর্গন এবং হিলিয়ামের আবিষ্কার অসাধারণ ছিল শুধুমাত্র এই কারণে নয় যে, এগুলি রসায়নবিদদের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা সম্বন্ধে চিন্তা করতে শিখিয়েছিল (প্রায় সিকি শতাব্দীর পর ঘটনাটি বোঝা গিয়েছিল), এগুলি পর্যায় নিয়ম ও পর্যায় তন্ত্রের পক্ষে অসাধারণ ছিল, যে পর্যায় নিয়ম ও পর্যায় তন্ত্রটি গভীর সংকটে পড়েছিল। আর্গন ও হিলিয়ামের তিনটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য (যেমন পারমাণবিক ভর, শূন্যযোজ্যতা এবং একপরমাণুক অণু), এগুলিকে পর্যায় সারণীর বাহিরে রেখে দিয়েছিল। এই কারণে মেন্ডেলেয়েভ "N_3"র সহজ চিন্তার প্রতি অনায়াসে আকৃষ্ট হয়েছিলেন।

ইতিহাসের ভবিষ্যদ্বাণী করার অসাধারণ ক্ষমতা আছে। 24 মে, 1894 খ্রিস্টাব্দে র‍্যামজে যখন র‍্যালিথকে চিঠি লেখেন, তখনও সম্পূর্ণভাবে আর্গন আবিষ্কৃত হয় নি। ঐ চিঠিতে তিনি র‍্যালিথকে প্রশ্ন করেন যে, বস্তুত, পর্যায় সারনীতে গ্যাসীয় মৌলদের স্থান আছে — এমন চিন্তা কি তাঁর কখনও হয়েছিল? যেমন:

Li	Be	B	C	N	O	F	X	X	X
						Cl			
						Mn	Fe	Co	Ni
						Br			
						?	Rd	Ru	Pd...

র‍্যামজে ধারণা করেছিলেন যে, পর্যায় সারণীর বড় পর্যায়ের লোহা ও প্ল্যাটিনাম ধাতুর ন্যায় ছোট পর্যায়েও ত্রয়ী মৌল থাকতে পারে। আর্গন ও

হিলিয়াম আবিষ্কারে ফলে এই ধারণাটা হয়েছিল যে এই দুটি গ্যাসকে র‍্যামজের গ্রাফের দুটি "x" এর স্থানে রাখা যেতে পারে। হিলিয়াম এবং আর্গনকে একই শ্রেণীতে রাখার পক্ষে এদুটির পারমাণবিক ভরের (যথাক্রমে 4 ও 40) পার্থক্য খুবই বেশী বলে প্রমাণিত হয়েছে। কালক্রমে, নতুন ত্রয়ীর ধারণাটা পেছনে চলে গেল এবং প্রতি পর্যায়ের শেষে নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলি রাখার প্রস্তাব করেন র‍্যামজে। এ ব্যাপারে হিলিয়াম ও আর্গনের মধ্যবর্তী এবং 20 পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট মৌল আবিষ্কারটি যে কেউ ধারণা করতে পারতেন। 1897 খিৃস্টাব্দের আগস্টে, টরোণ্টো (Toronto)র ব্রিটিশ অ্যাসোসিয়েশনের অধিবেশনে র‍্যামজের নিবন্ধটি এই মৌল সম্বন্ধে কেবলমাত্র ছিল। নিবন্ধটির শিরোনামটি ছিল "অনাবিষ্কৃত গ্যাস" (Undiscovered Gas)। এই গ্যাসের চিত্তাকর্ষক ধর্মগুলি বর্ণনা করতে র‍্যামজের ইচ্ছে ছিল। কিন্তু এটির সবচেয়ে বিস্ময়কর ধর্মটি উল্লেখ করাটা ঠিক উচিত হবে না বলে মনে করেন: গ্যাসটি তখনও আবিষ্কৃত হয় নি।

আর্গন আবিষ্কার কালে র‍্যামজের স্ত্রীকে লেখা তাঁর চিঠির দৃঢ়তা এখানেও আমরা দেখতে পাই। এটিতে প্রেমের অলীক ঘটনার স্পর্দ্ধা ছিল না, কিন্তু অভিজ্ঞতাপুষ্ট দৃঢ় প্রত্যয় ছিল। অনাবিষ্কৃত গ্যাসটি নিয়ন বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল। ভাগ্যের পরিহাসের ফলে (বিজ্ঞানে যা প্রায়ই ঘটে থাকে) আবিষ্কারটি অন্য একটি ঘটনার পরে ঘটেছিল। তরল বাতাসের ক্রমশ বাষ্পীভবনের দ্বারা নতুন গ্যাসটি অবশ্যই আবিষ্কৃত হতে পারতো এবং প্রাপ্ত অংশের বিশ্লেষণের দ্বারা আর্গনের থেকে হাল্কা গ্যাস পাওয়া যেতে পারতো, যেটি বিশেষ আকর্ষণীয় ছিল। 1898 খিৃস্টাব্দে 24 মে তারিখে র‍্যামজে এবং ট্রাভার্স এক ডিওয়ার ফ্লাস্ক-ভর্ত্তি তরল বায়ু পান। দুর্ভাগ্যবশত, (বা বরং সৌভাগ্যবশত) আর্গনের আগের মৌলের গবেষণার জন্যে ঐ পরিমাণ তরল বায়ু যথেষ্ট ছিল না, তাই তাঁরা তরল বায়ুর আংশিক পাতনের পদ্ধতিটিকে নিখুঁত করার কাজে ঐ তরল বায়ুটিকে ব্যবহার করতে মনঃস্থ করেন। ঐ রূপ করার পর দিনের শেষে র‍্যামজে ও ট্রাভার্স যে অবশেষ পদার্থটি পান, তার ঘনত্ব ছিল সবচেয়ে বেশী।

অবশেষ অংশটি এক সপ্তাহ অবহেলাভরে পড়ে থাকার পর 31 মে তারিখে এটিকে নিয়ে গবেষণা করতে মনঃস্থ করেন। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন অশুদ্ধিগুলি গ্যাস থেকে যথাসম্ভব অপসারণের পর এটির বর্ণালি বিশ্লেষণ করা হয়। উজ্জ্বল হলুদ রেখা দেখে র‍্যামজে এবং ট্রাভার্স বোবা হয়ে

গিয়েছিলেন, কারণ ঐ রেখাটি হিলিয়াম বা সোডিয়াম কোনটির জন্যেই ছিল না। র‍্যামজে তাঁর রোজনামচায় লিখেছিলেন, "31 মে; একটি নতুন গ্যাস — ক্রিপ্‌টন।" স্মরণ করা যেতে পারে যে অনাবিষ্কৃত হিলিয়ামকে পূর্বে এই নাম দেওয়া হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইতিহাসে নামটি এখন স্থান পেয়েছিল। র‍্যামজে যে গ্যাসটির সম্বন্ধে বিবরণ পেশ করেন, ক্রিপটন কিন্তু সেটি ছিল না। ভবিষ্যদ্বাণী করা গ্যাস থেকে এটির ঘনত্ব এবং পারমাণবিক ভর অনেক বেশী ছিল।

নিয়নের আবিষ্কারটি খুব তাড়াতাড়ি অনুসৃত হয়েছিল। তরল বায়ুর পাতনে প্রাপ্ত হাল্কা অংশগুলি তাঁরা নির্বাচিত করেন এবং একটি অংশ থেকে তাঁরা একটি নতুন নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কার করেন। রামজের বারো বছরের ছেলের দেওয়া "নিয়ন" নামটি তিনি পরে মনোনীত করেন (গ্রীক ভাষায় নিয়স (neos) মানে "নতুন")। র‍্যামজে দূরে থাকায় ট্রাভার্স একই গবেষণাটি চালান। তারিখটা ছিল 7 জুন। ফলাফলকে নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করতে তারপর পুরো এক সপ্তাহ লেগেছিল। এই সময়টা লেগেছিল প্রচুর পরিমাণে নিয়ন প্রস্তুত করতে এবং নিয়নের ঘনত্ব নির্ণয় করতে। যা ভাবা গিয়েছিল সেই রকম, হিলিয়াম এবং আর্গনের মধ্যবর্তী মৌল ছিল নিয়ন, বলে প্রমাণিত হয়, যদিও সেই সময় পর্যন্ত বিশুদ্ধ গ্যাস হিসেবে নিয়নকে প্রস্তুত করা যায় নি। নিয়ন এবং আর্গনকে সম্পূর্ণ পৃথক করার সমস্যাটি পরে সমাধা হয়।

অপর আর একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস র‍্যামজে এবং ট্রাভার্স আবিষ্কার করেন। এক্ষেত্রে বিজ্ঞানীদ্বয় নিয়নের ন্যায় তেমন নিঃসন্দেহ ছিলেন না। 1898 খ্রিস্টাব্দে জুলাই মাসে একদিন, এই দুই বিজ্ঞানী তরল বায়ুকে বিভিন্ন অংশে পৃথক করার কাজে ব্যস্ত ছিলেন। মধ্যরাত্রির মধ্যে তারা 50 টির বেশী অংশ সংগ্রহ করেন এবং 56 তম অংশে ক্রিপ্‌টন আবিষ্কার করেন। এর পর যন্ত্রটিকে উত্তপ্ত করে তাঁরা 57 তম অংশ সংগ্রহ করেন, যাতে প্রধানত কার্বন ডাই অক্সাইড ছিল। এটির গবেষণার উপযোগিতা নিয়ে র‍্যামজে এবং ট্রাভার্স নিজেদের মধ্যে আলোচনা করেন এবং অবশেষে এটি নিয়ে গবেষণা চালিয়ে যেতে মনঃস্থ করেন। পরের দিন সকালে এই 57 তম অংশের বর্ণালিটি বিজ্ঞানীদ্বয় লক্ষ্য করেন, যেটি খুবই অস্বাভাবিক বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল। র‍্যামজে ও ট্রাভার্স সিদ্ধান্তে আসেন যে, এটি একটি নতুন গ্যাসের জন্যে হয়েছে। 1900 সালের মাঝামাঝি সময়ে বিশুদ্ধ জেনন প্রস্তুত করা হয়েছিল।

"জেনন" কথাটা গ্রীক শব্দ "জেনোস" (xenos) থেকে এসেছে, যার মানে "আগন্তুক"

নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি হলো চিন্তার খোরাক

ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে যে চারিটি গুরুত্বপূর্ণ বৈজ্ঞানিক ঘটনা প্রকৃতি-বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে বৈপ্লবিক পরিবর্তন এনেছিল, সেইগুলির মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কার ছিল রয়েনটজেন (Roentgen) কর্তৃক এক্সরে আবিষ্কার, তেজস্ক্রিয়তা এবং ইলেক্ট্রন। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিকে এই গুরুত্ব দেওয়ার বৈজ্ঞানিকদের অনেক কারণ ছিল।

নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির আবিষ্কারের ইতিহাসটি যেমন বৈচিত্র্যময় ছিল তেমনি ছিল আকর্ষণীয়। রহস্যময় সৌর মৌল হিলিয়ামকে পৃথিবীর বুকে আবিষ্কার করা হয়েছিল এবং কেবলমাত্র এই ঘটনা থেকে বোঝা যায় যে, প্রকৃতিকে গভীরভাবে এবং ভালোভাবে বুঝতে মানুষের অনুসন্ধিৎসু মন কেমন করে সংগ্রাম করেছিল।

বিজ্ঞানীদের মধ্যে বিভ্রান্তি সৃষ্টি করতে আর্গনও কম কিছু রহস্যপূর্ণ ছিল না। এটির রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্যে, এটিকে রাসায়নিক মৌলের (শব্দটির সাধারণ অর্থে) তালিকায় রাখা অসম্ভব ছিল। কারণ, এটির কোন রাসায়নিক ধর্ম দেখা যায় না। কিছু কিছু মৌল আছে যেগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নিতে অক্ষম, এই ধারণাটি গবেষকদের মধ্যে ক্রমশ বদ্ধমূল হওয়া ছাড়া আর কিছু অবশিষ্ট ছিল না। এই ধারণাটি অত্যন্ত ফলপ্রদ ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কারের ফলে শূন্য যোজ্যতার ধারণাটি ক্রমশ জন্মেছিল। এ ছাড়াও শূন্য শ্রেণী সৃষ্টি হয়েছিল, যেটি পর্যায় তন্ত্রের সঙ্গে সম্পূর্ণ সঙ্গতিপূর্ণ ছিল। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কারের প্রায় 25 বছর পর, এন. বোর (N. Bohr) এটির সাহায্যে পরমাণুর ইলেক্ট্রন কক্ষ তত্ত্বটি দাঁড় করান। এর পরে, এই তত্ত্বটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির নিষ্ক্রিয়তাকে ব্যাখ্যা করেছিল এবং তড়িৎ যোজক ও সমযোজকের ধারণাটি এই গ্যাসগুলির পরমাণু গঠনের ওপর ভিত্তি করে হয়েছিল। এই রূপে, নিষ্ক্রিয় গ্যাসের আবিষ্কারের ফলে তত্ত্বীয় রসায়নের প্রভূত উন্নতি হয়েছিল।

ছয়ের দশকের প্রারম্ভে এগুলি বৈজ্ঞানিক মহলকে আর একবার বিস্মিত করেছিল। বিজ্ঞানীরা দেখিয়েছিলেন যে, জেনন (প্রধানত) এবং ক্রিপ্টন যৌগ প্রস্তুতে সক্ষম। বর্তমানে 150 টিরও বেশী এই ধরনের যৌগ জানা

আছে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির সম্পূর্ণ রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার ভ্রান্ত অতিকাহিনী থেকে এত তাড়াতাড়ি "মুক্ত" হওয়াটা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইতিহাসের এক আকর্ষণীয় এবং স্ববিরোধী অথচ সত্য ঘটনা।

পৃথিবীর বুকে বিরলতম স্থায়ী মৌলের অন্যতম ছিল নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি। র‍্যামজের দেওয়া তথ্য এখানে দেওয়া হলো: 245000 ভাগ বায়ুমণ্ডলের বাতাসে মাত্র এক ভাগ হিলিয়াম আছে, এক ভাগ নিয়ন আছে 81 000 000 ভাগ বাতাসে, একভাগ আর্গন আছে 106 ভাগে, এক ভাগ ক্রিপটন আছে 20 000 000 ভাগে এবং একভাগ জেনন আছে 170 000 000 ভাগ বাতাসে। তারপর থেকে এই মানগুলি প্রায় অপরিবর্তিতই রয়ে গিয়েছে। র‍্যামজে বলেছিলেন যে, সমুদ্রজলে যে পরিমাণ সোনা আছে, বাতাসে তার থেকেও কম পরিমাণে জেনন আছে। কেবলমাত্র এইটার থেকেই প্রমাণিত হয়, নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির আবিষ্কার কত সাংঘাতিক শক্ত ছিল।

অধ্যায় ৭

পর্যায় সারণী থেকে ভবিষ্যদ্বাণী-করা মৌলসমূহ

"পর্যায়সূত্র ব্যতীত আমরা না পারতাম অজানা মৌলের ধর্মগুলিকে ভবিষ্যদ্বাণী করতে কিংবা না পারতাম এগুলির মধ্যে কোন কোনটির অভাব বা অনুপস্থিতি নির্ধারণ করতে। একমাত্র পর্যবেক্ষণই ছিল মৌলগুলির আবিষ্কারের পথ। অতএব, কেবল উদ্দেশ্যহীন সুযোগ, সূক্ষ্ম বিচার-বুদ্ধি এবং দূরদৃষ্টি নতুন মৌল আবিষ্কারের দিকে নিয়ে গিয়েছিল...। এ ব্যাপারে পর্যায় সূত্রটি নতুন রাস্তা খুলে দিয়েছিল।" এই কথার সাহায্যে দ. ই. মেণ্ডেলেয়েভ তাঁর ধারণাটিকে প্রকাশ করেছিলেন যে, রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসে এমন সময় এসেছিল যখন মৌলের অস্তিত্ব এবং এগুলির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলি ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব হয়েছিল।

এটির উন্নতি বিধানে মূল কারণ ছিল পর্যায় তন্ত্রটি। এমনকি পর্যায় সারণীর "শূন্য' স্থানগুলি পূরণ করার পথ এটি উদ্ঘাটিত করেছিল। ইতিমধ্যে আবিষ্কৃত প্রতিবেশী মৌলগুলির ধর্ম জেনে যে কেউ অজানা মৌলগুলির গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলি নির্ধারণ করতে পারতো এবং অজানা মৌলের পারমাণবিক ভর, ঘনত্ব, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদির মাত্রিক পরিমাণ সরল গাণিতিক এবং যুক্তিসম্মত পদ্ধতির সাহায্যে গণনা করতে পারতো। এর জন্যে গভীর রাসায়নিক জ্ঞানের প্রয়োজন ছিল। মেণ্ডেলেয়েভের এই রকম গভীর জ্ঞান ছিল, এ ছাড়া পর্যায় সূত্রের ওপর তাঁর ছিল বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গী এবং সৎসাহস। যার ফলে বেশ কিছু সংখ্যক নতুন মৌলের অস্তিত্ব এবং ধর্মের সম্বন্ধে তিনি চমৎকার ভবিষ্যদ্বাণী করতে পেরেছিলেন।

মেণ্ডেলেয়েভের বিস্ময়কর ভবিষ্যদ্বাণীগুলি অনেকদিন পর্যন্ত পাঠ্যপুস্তকের উদাহরণ হয়েছিল এবং রসায়নের এমন কোন বই ছিল না যাতে একা-অ্যালুমিনিয়াম, একা-বোরন এবং একা-সিলিকনের উল্লেখ পাওয়া

একা-অ্যালুমিনিয়াম Ea	গ্যালিয়াম Ga
পারমাণবিক ভর প্রায় 68।	পারমাণবিক ভর 69.72।
বিশুদ্ধ মৌলের গলনাঙ্ক কম হতেই হবে।	গলনাঙ্ক 29.75° C।
ধাতুটির ঘনত্ব 6-এর কাছাকাছি	ঘনত্ব 5.9 (কঠিন)।
পারমাণবিক আয়তন 11.5-এর কাছাকাছি হতেই হবে।	পারমাণবিক আয়তন 11.8
বাতাসে রেখে দিলে কিছু হয় না।	লোহিত তপ্ত করলে মৃদু জারিত হয়।
জলের সঙ্গে ফোটালে জলকে বিযোজিত করে।	অধিক তাপমাত্রায় জলকে বিযোজিত করে।
ফিটকারি উৎপন্ন করে, তবে অ্যালুমিনিয়ামের ন্যায় এত সহজে করে না।	ফিটকারি উৎপন্ন করে, যার সংকেত হলো $NH_4Ga(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
Ea_2O_3 কে সহজে বিজারিত করে ধাতুতে পরিণত করা যায়।	Ga_2O_3 কে হাইড্রোজেন প্রবাহ দ্বারা ভস্মীকরণের সাহায্যে বিজারিত করে ধাতব গ্যালিয়াম প্রস্তুত করা যায়।
Al এর থেকে Ea অনেক বেশী উদ্বায়ী। এটি বর্ণালি বিশ্লেষণের দ্বারা আবিষ্কৃত করা যায়।	গ্যালিয়ামকে বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা আবিষ্কৃত করা হয়েছিল

যেত না। এগুলি পরে গ্যালিয়াম, স্ক্যানডিয়াম এবং জার্মেনিয়াম নামে আবিষ্কৃত হয়েছিল।

ভবিষ্যদ্বাণী-করা মৌলের সঙ্গে প্রকৃত মৌলের তুলনাটি কেমন ভাবে করা হয়, তা নিচে দেওয়া হল।

মেন্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী-করা একা-অ্যালুমিনিয়াম, একা-বোরন এবং একা-সিলিকন মৌলগুলির ধর্ম বাঁদিকের কলামে (স্তম্ভে) এবং গ্যালিয়াম, স্ক্যানডিয়াম এবং জার্মেনিয়ামের আধুনিক তথ্যগুলি ডান দিকের কলামে দেওয়া হলো। প্রত্যাশিত ধর্মগুলি বাস্তব মানের সঙ্গে বিস্ময়কর ভাবে এত কাছাকাছি ছিল যে, মন্তব্যের কোন প্রয়োজন হয় না। "একা" উপসর্গটি কেন ব্যবহার করা হয়েছিল মেন্ডেলেয়েভ তা ব্যাখ্যা করেছিলেন: "প্রত্যাশিত মৌলগুলিকে নতুন নাম না দিয়ে, অসম বা সম সংখ্যক মৌল

একা-Eb	স্ক্যানডিয়াম Sc
পারমাণবিক ভর প্রায় 44	পারমাণবিক ভর 45·1
ঘনত্ব প্রায় 3·0	ঘনত্ব 3·0
পারমাণবিক আয়তন প্রায় 45	পারমাণবিক আয়তন 45
ধাতুটি অনুদ্বায়ী এবং বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা আবিষ্কৃত করা যাবে না	উদ্বায়িতা কম
ক্ষারকীয় অক্সাইড উৎপন্ন করে	ক্ষারকীয় অক্সাইড উৎপন্ন করে
অধিক তাপমাত্রায় জলকে অবশ্যই বিযোজিত করবে	ফুটন্ত জলকে বিযোজিত করে
Eb_2O_3 জলে অদ্রাব্য; ঘনত্ব প্রায় 3·5	Sc_2O_3 জলে অদ্রাব্য; ঘনত্ব 3·864
Eb_2O_3 ফিটকারি উৎপন্ন করে, তবে প্রস্তুত করা শক্ত	Sc_2O_3 দ্বি-লবণ উৎপন্ন করে, যার সংকেত: $3K_2SO_4 \cdot Sc_2(SO_4)_3$

একা-সিলিকন Es	জার্মেনিয়াম Ge
পারমাণবিক ভর প্রায় 72	পারমাণবিক ভর 72·6
ঘনত্ব প্রায় 5·5	ঘনত্ব 5·327
পারমাণবিক আয়তন প্রায় 13	পারমাণবিক আয়তন 13·57
EsO_2 এর ঘনত্ব প্রায় 4·7	GeO_2 এর ঘনত্ব 4·28
ক্ষারকীয় ধর্মটি মৃদু	GeO_2 উভধর্মী প্রকৃতির
$EsCl_4$ যৌগটি তরল হবে, যার স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 90°C	$GeCl_4$ যৌগটি তরল, যেটির স্ফুটনাঙ্ক 83°C
Es-এর বিজারিত হবার ক্ষমতা কম	নিম্ন জারণ অবস্থায় নিয়ে আসা বেশ কঠিন
EsH_4 যৌগটি অস্থায়ী	GeH_4 প্রস্তুত করা যায়, যেটি সহজেই বিযোজিত হয়ে পড়ে
$Es(C_2H_5)_4$ সংকেত বিশিষ্ট জৈব-ধাতব যৌগ বিদ্যমান	$Ge(C_2H_5)_4$ যৌগটি জানা আছে

বিশিষ্ট শ্রেণীর সবচেয়ে নিকটতম ও ছোট সদস্যের নামের আগে সংস্কৃত সংখ্যা এক, দ্বি, ত্রি, চতু: ইত্যাদি বসিয়ে আমি এগুলির নামকরণ করবো।" (সংস্কৃত ভাষা অদৃশ্য হয়ে গেলেও আধুনিক ভাষাগুলির বহু শব্দ এভাষা থেকে উদ্ভূত হয়েছে।) এই ভাবে অ্যালুমিনিয়াম শ্রেণীর অ্যালুমিনিয়ামের নিকটতম সদৃশ সদস্য হলো একা-অ্যালুমিনিয়াম এবং ইত্যাদি ইত্যাদি।

গ্যালিয়ামের আবিষ্কারের সময়টি ঘণ্টায় জানা আছে। "1875 খ্রিস্টাব্দের 27 আগস্ট, শুক্রবার বেলা তিনটে থেকে চারটার মধ্যে, জিংক ব্লেণ্ডের উপজাত পদার্থটির রাসায়নিক বিশ্লেষণ দিয়ে আমি একটি সরল বস্তুর লক্ষণ আবিষ্কার করেছি, যে জিংক ব্লেণ্ডটি আর্গেলে উপত্যকার (পাইরেনিস (Pyrenees)) পিয়েরফিট (Pierfitt) খনি থেকে পাওয়া গিয়েছিল।" এই কথাগুলি বলে প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস" এ বিবরণটি আরম্ভ করেন পি. ই. লেকোক ডি বোইসবাউড্রেন (P. E. Lecoq de Boisbaudran)। নতুন মৌলটির কিছু ধর্ম তিনি বর্ণনা করেন এবং লক্ষ্য করেন যে আকরিকে মৌলটির উপস্থিতি বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা নির্ধারণ করা যায়, যেমনটি মেণ্ডেলেয়েভ পাঁচ বছর আগে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। বোইসবাউড্রেন খুব অল্প পরিমাণে বস্তুটি নিষ্কাশিত করতে পেরেছিলেন, ফলে সঠিকভাবে এই মৌলটির ধর্ম গবেষণা করতে তিনি পারেননি।

29 আগস্ট, ফ্রান্সের প্রাচীন নাম গাউল (Gaul) থেকে এই মৌলটির "গ্যালিয়াম" নামটি প্রস্তাব করেন বোইসবাউড্রেন। বিজ্ঞানীটি নতুন মৌল নিয়ে গবেষণা চালিয়ে যেতে লাগলেন এবং অতিরিক্ত তথ্যগুলিকে প্যারিস অ্যাকাডেমিতে পাঠান যা তিনি তাঁর বিবরণে সংযোজিত করেন। অ্যাকাডেমির জার্নালে তিনি এটি পরে পাঠিয়েছিলেন। এই নিবন্ধ সম্বলিত জার্নালটি নভেম্বর মাসের মাঝামাঝি সময় পিটারবার্গে মেণ্ডেলেয়েভের হাতে এসে পৌঁছায়, যার জন্যে তিনি অধীর আগ্রহে অপেক্ষা করছিলেন। এটা বিশ্বাস করার যথেষ্ট কারণ আছে যে, দ্বিতীয় ব্যক্তির মাধ্যমে মেণ্ডেলেয়েভ গ্যালিয়াম সম্বন্ধে আগেই জেনে গিয়েছিলেন। পি. ডি. ক্লের্মণ্ট (P. de Clermont)-এর স্বাক্ষরিত একটি বিবরণ প্যারিস থেকে দু'সপ্তাহ আগে রাশিয়ান কেমিক্যাল সোসাইটিতে এসে পৌঁছেছিল। এতে গ্যালিয়াম আবিষ্কারের বিবরণ ছিল এবং এটির ধর্মের সংক্ষিপ্ত বিবরণও উল্লেখ ছিল। আবিষ্কারক নিজে কী লিখেছেন তা জানা মেণ্ডেলেয়েভের পক্ষে অনেক বেশী গুরুত্বপূর্ণ ছিল।

এ বিষয়ে মেণ্ডেলেয়েভের প্রতিক্রিয়া খুব তাড়াতাড়ি হয়েছিল, 16 নভেম্বর তারিখে তিনি রাশিয়ান ফিজিক্যাল সোসাইটিতে তাঁর ভাষণ দেন। অধিবেশণের কার্য বিবরণী অনুসারে, মেণ্ডেলেয়েভ ঘোষণা করেন যে, আবিষ্কৃত মৌলটি, খুব সম্ভবত, একা-অ্যালুমিনিয়াম। পরের দিন "গ্যালিয়াম

আবিষ্কারের ওপর মন্তব্য'' (Note on the Discovery of Gallium) শিরোনামে তিনি ফরাসী ভাষায় একটি প্রবন্ধ লেখেন। অবশেষে, 18 নভেম্বর রাশিয়ান কেমিক্যাল সোসাইটির অধিবেশনে তিনি গ্যালিয়াম সম্বন্ধে বক্তব্য রাখেন। কর্মতৎপরতার এই আকস্মিক ও চমৎকার উৎসারণটি বোঝা যায়: এই মহান রসায়নবিদটি তাঁর ভবিষ্যদ্বাণী করা মৌলটি বাস্তবে পরিণত হতে দেখেছিলেন। মেণ্ডেলেয়েভ ধারণা করেছিলেন যে, যদি গ্যালিয়ামের সঙ্গে একা-অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মের সাদৃশ্য পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত করা যায়, তবে সেটা পর্যায় সূত্রের প্রয়োজনীতার শিক্ষামূলক প্রমাণ হবে।

ছয় দিন পরে (অবিশ্বাস্য কম সময়ে) "জার্নাল অব দি প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস পত্রিকায়" "গ্যালিয়াম আবিষ্কার সম্বন্ধে মন্তব্য" প্রকাশিত হয়। এবিষয়ে বোইসবাউড্রেনের প্রতিক্রিয়াটি বিশেষ আকর্ষণীয় ছিল। তিনি তাঁর গবেষণা চালিয়ে গিয়েছিলেন এবং প্রকাশের জন্যে নতুন ফলাফল নির্ণয় করেছিলেন। এই ফরাসী বিজ্ঞানীটির পরবর্তী নিবন্ধটি 6 ডিসেম্বর প্রকাশিত হয়। আগের মত, গ্যালিয়ামের প্রাপ্তির অত্যন্ত দুষ্প্রাপ্যতার ফলে উদ্ভূত সমস্যার কথা তিনি তোলেন এবং তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে ধাতুটি প্রস্তুতির বর্ণনা করেন। তিনি এটির কিছু ধর্মও আলোচনা করেন এবং গ্যালিয়াম অক্সাইডের সংকেত Ga_2O_3 হতেই হবে বলে মতামত দেন।

নিবন্ধটির শেষে তিনি মেণ্ডেলেয়েভের মন্তব্য সম্বন্ধে কিছু কথা বলেন। বোইসবাউড্রেন এটা স্বীকার করেছিলেন যে এটি তিনি গভীর আগ্রহের সঙ্গে পড়েছেন। কারণ, বহুদিন আগের থেকেই সরল বস্তুর শ্রেণী বিভাগের প্রতি তিনি বিশেষ কৌতূহলী ছিলেন। মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক একা-অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মের ভবিষ্যদ্বাণী বিষয়ে তিনি কখনও কিছু জানতেন না। কিন্তু এতে কোন ব্যাপার ছিল না; বোইসবাউড্রেন বিশ্বাস করতেন যে, সদৃশ রাসায়নিক ধর্ম বিশিষ্ট মৌলগুলির বর্ণালি রেখার পরিপ্রেক্ষিতে তাঁর দেওয়া সূত্রগুলি তাঁর গ্যালিয়াম আবিষ্কারের পক্ষে সহায়ক হয়েছিল। তাঁর মতে, চূড়ান্ত ভূমিকায় বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতিটি অংশ নিয়েছিল। বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা নতুন মৌল আবিষ্কারের ক্ষেত্রে মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক একা-অ্যালুমিনিয়ামের ভবিষ্যদ্বাণীটি যে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল, সে সম্বন্ধে একটি কথাও তিনি উচ্চারণ করেননি। বোইসবাউড্রেনের মতে, গ্যালিয়ামের আবিষ্কারের ব্যাপারে মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী কোন কিছুই করেনি।

যাহোক, ধাতব গ্যালিয়াম ও এটির যৌগ নিয়ে বোইসবাউড্রেন যত গবেষণা করতে লাগলেন, মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণীর সঙ্গে তাঁর গবেষণার ফলাফলও তত মিলে যেতে লাগলো। উদাহরণস্বরূপ, 1876 খ্রিস্টাব্দের মে মাসে, এই ফরাসী বিজ্ঞানীটি প্রমাণ করেন যে, গ্যালিয়াম সহজেই গলে যায় (এটির গলনাঙ্ক 29·5°C); বাতাসে রেখে দিলে এটির পরিবর্তন হয় না এবং লোহিত তপ্ত করলে এটি সামান্য জারিত হয়। 1870 খ্রিস্টাব্দে মেণ্ডেলেয়েভ একা-অ্যালুমিনিয়ামের ঐ একই ধর্ম ভবিষ্যদ্বাণী করেন। পর্যায় সারণী এবং একা-অ্যালুমিনিয়ামের প্রতিবেশী সদস্যের থেকে মেণ্ডেলেয়েভ একা-অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব বার করেন 5·9-6·0। লেকক ডি বোইসবাউড্রেন তাঁর বর্ণালি সূত্রের সাহায্যে একা-অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব বার করেন 4·7, সেটি তিনি পরে পরীক্ষার দ্বারা প্রতিপন্ন করেন। একটি আনাড়ীর পক্ষে এই পার্থক্য (দুই এককের কম) কম বলে মনে হতে পারে, কিন্তু পর্যায় সূত্রের ভবিষ্যতের পক্ষে এটি ছিল অপরিহার্য। সেই সময় পর্যন্ত ভবিষ্যদ্বাণী করা ধর্মের গুণগত বৈশিষ্ট্যের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন করা হতো এবং এই গুণগত বৈশিষ্ট্যের প্রথম পরিমাপক ছিল ঘনত্ব। এবং এটি ভ্রান্ত বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল।

একটি ব্যাপক প্রচলিত কাহিনী ছিল যে বোইসবাউড্রেনের যে নিবন্ধটিতে গ্যালিয়ামের ঘনত্ব খুব কম (4·7) দেখানো ছিল সেই নিবন্ধটি মেণ্ডেলেয়েভের হাতে আসার পর, মেণ্ডেলেয়েভ তাঁকে চিঠি দিয়ে জানান যে ফরাসী রসায়নবিদের পাওয়া গ্যালিয়ামে খুব সম্ভবত সোডিয়াম অশুদ্ধি হিসেবে ছিল, যা গ্যালিয়াম প্রস্তুতির সময় ব্যবহৃত হয়েছিল। সোডিয়ামের ঘনত্ব খুব কম (0·98) ছিল, যেটি গ্যালিয়ামের ঘনত্ব বেশ ভালো পরিমাণে কমিয়ে দিয়েছিল। অতএব, গ্যালিয়ামকে বিশেষভাবে বিশুদ্ধ করার প্রয়োজন আছে।

এই চিঠিটি ফ্রান্সে বা মেণ্ডেলেয়েভের দলিল সংরক্ষণাগারে পাওয়া যায়নি। মেণ্ডেলেয়েভের কন্যা এবং রসায়নের বিশিষ্ট ইতিহাসবেত্তা বি. মেনশুট্‌কিন (B. Menshutkin)-এর কাছ থেকে এ ব্যাপারে পরোক্ষ প্রমাণ মেলে যে, চিঠিটি অবশ্যই ছিল। যাহোক, এটা হতে পারে যে, মেণ্ডেলেয়েভের মতামতটি বোইসবাউড্রেন জেনেছিলেন এবং গ্যালিয়ামের ঘনত্ব আবার নির্ণয় করার মনঃস্থ করেন। এই ভাবে, মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক প্রাকল্পিক মৌলের নির্ণীত ঘনত্বের (5·9) মানটি তিনি হিসেবের মধ্যে রেখেছিলেন। 1876 খ্রিস্টাব্দে সেপ্টেম্বরের প্রারম্ভে তিনি এই মানটি পান।

এই ঘটনা সম্বন্ধে তাঁর বিবরণটির ওপর মন্তব্য নিস্প্রয়োজন। নতুন মৌলের ঘনত্ব সম্বন্ধে মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণীর নিশ্চিত প্রমাণের গুরুত্ব বিষয়ে এই ফরাসী বিজ্ঞানীটি অত্যন্ত অস্থাবান হয়েছিলেন। কিছুকাল বাদে লেকক ডি বোইসবাউড্রেন তাঁর নিজের ফটো মেণ্ডেলেয়েভকে পাঠিয়েছিলেন, যাতে তিনি লিখেছিলেন, "গভীর শ্রদ্ধার সঙ্গে এবং বন্ধুবর্গের মধ্যে মেণ্ডেলেয়েভকে পাওয়ার ব্যাকুল ইচ্ছায়। এল. ডি. বি।" এর তলায় মেণ্ডেলেয়েভ লিখেছিলেন, "লেকক ডি বোইসবাউড্রেন। প্যারিস। 1875 খ্রিস্টাব্দে একা-অ্যালুমিনিয়ামের আবিষ্কারক। এটির নামকরণ করেন "গ্যালিয়াম", Ga=69·7।"

এইচ. রোসকোই (H. Roscoe) এবং সি. শোর্লেমের (C. Shorlemmer)-এর লেখা রসায়নের নতুন ও বিশদ ভাবে আলোচিত পাঠ্য বইয়ের সঙ্গে 1879 খ্রিস্টাব্দের শরৎকালে এফ. এঙ্গেলস (F. Engels) পরিচিত হন। মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী করা একা-অ্যালুমিনিয়াম এবং গ্যালিয়াম নামে এটির আবিষ্কারের কাহিনীটি সর্ব প্রথম এই বইয়ে অন্তর্ভুক্ত ছিল। "ডায়েলেক্টিক্স অব নেচার" (Dialectics of Nature) নামক বইয়ে এঙ্গেলস পরে একটি নিবন্ধ সংযোজিত করেন যাতে তিনি এই পাঠ্য বইটি থেকে উদ্ধৃতি দেন এবং এই বলে শেষ করেন, "পরিমাণকে গুণগত উৎকর্ষে রূপান্তরিত করতে হেগেলের সূত্রটি না জেনে প্রয়োগের ফলে, মেণ্ডেলেয়েভ এক বিশেষ বৈজ্ঞানিক কৃতিত্ব অর্জন করেছিলেন, যেটিকে লেভেরিয়ের (Leverrier) কর্তৃক তখনও অজ্ঞাত গ্রহ নেপচুনের কক্ষপথটি নির্ধারণ করার মত তত দুঃসাহসীক কাজের সমপর্যায়ে ফেলা যায়।"*

স্ক্যানডিয়াম

বিরলমৃত্তিকা মৌলসমূহ (পৃঃ ১৪৪ দ্রষ্টব্য) অধ্যায়ে ইতিমধ্যে আমরা স্ক্যানডিয়াম আবিষ্কারটি সংক্ষেপে বর্ণনা করেছি। যদিও স্ক্যানডিয়ামের ধর্মের সঙ্গে বিরলমৃত্তিকা মৌলের ধর্মের অনেক সাদৃশ্য থাকা সত্ত্বেও, দ. ই. মেণ্ডেলেয়েভ ভবিষ্যদ্বাণী করেন যে মৌলটি পর্যায় সারণীর তৃতীয়

---

* Engels Friedrich. Dialectics of Nature. Dialectics, New York, Intern. publ., p. 33.

শ্রেণীতে বোরনের সদৃশ হবে। তাঁর ভবিষ্যদ্বাণীটি যথেষ্ট সঠিক বলে প্রমাণিত হয়েছিল। সুইডিশ রসায়নবিদ এল. নিলসন স্ক্যানডিয়াম আবিষ্কার করেন; 1879 সালের 12 মার্চ, "একটি নতুন বিরল ধাতু, স্ক্যানডিয়াম প্রসঙ্গে" (On Scandium, a New Rare Metal) শিরোনামে একটি প্রবন্ধ প্রকাশিত হয় এবং 24 মার্চ, "প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস"-এর এক অধিবেশনে এটি নিয়ে আলোচনা করা হয়েছিল।

অনেক বিষয়ে নিলসনের ফলাফলগুলি ভ্রান্ত ছিল। স্ক্যানডিয়ামকে চতুর্যোজক মৌল বলে তিনি মনে করেন এবং এই মৌলের অক্সাইডটির সংকেত দেন ScO_2। তিনি স্ক্যানডিয়ামের পারমাণবিক ভর নির্ণয় করেন নি এবং একটি মোটামুটি মান (160-180) দেন। এবং অবশেষে পর্যায় সারণীতে টিন ও থোরিয়ামের মাঝখানে স্ক্যানডিয়ামকে রাখার প্রস্তাব করেন নিলসন; যেটি মেন্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণীর পরিপন্থী ছিল।

স্কানডিয়ামের আবিষ্কারের ফলে বৈজ্ঞানিক মহল উৎসাহিত হয় এবং নিলসনের স্বদেশবাসী পি. ক্লেভে (P. Cleve) নতুন আবিস্কৃত মৌলটি নিয়ে গবেষণা করতে মনঃস্থ করেন। পাঁচ মাস ধরে তিনি ব্যাপকভাবে এটি নিয়ে গবেষণা করেন এবং এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, নিলসনের পাওয়া নানান ফলাফল ভ্রান্ত ছিল। 18 আগস্ট ক্লেভে "প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেস"-এ এটির বিবরণ পেশ করেন এবং বিজ্ঞানীরা স্ক্যানডিয়াম সম্বন্ধে আরো নতুন তথ্য জানতে পারেন। স্ক্যানডিয়াম ত্রিযোজী মৌল বলে প্রতিপন্ন হয়; এটির অক্সাইডটির সংকেত ছিল Sc_2O_3; নিলসন কর্তৃক নির্ধারিত এটির ধর্মের সঙ্গে অনেক পার্থক্য ছিল। ক্লেভের অনুসারে (এবং এটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ছিল) স্ক্যানডিয়াম ছিল মেন্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী করা মৌল একা-বোরন। ক্লেভে একটি তালিকার বাম দিকের কলামে একা-বোরনের ধর্ম এবং ডান দিকের কলামে স্ক্যানডিয়ামের ধর্ম দেখিয়েছিলেন। পরের দিন ক্লেভে মেন্ডেলেয়েভকে একটি চিঠি পাঠান যাতে তিনি লেখেন, "যথাবিহিত সম্মানপূর্বক আমি আপনাকে জানাচ্ছি যে, অপনার একা-বোরন মৌলটি খুঁজে পাওয়া গেছে। সেটা হলো স্ক্যানডিয়াম, যেটি এল. নিলসন এই বসন্তে আবিষ্কার করেছেন।"

অবশেষে, 10 সেপ্টেম্বরে ক্লেভে স্ক্যানডিয়াম সম্বন্ধে একটি বড় প্রবন্ধ প্রকাশ করেন, যার থেকে এটি স্পষ্ট হয় যে নতুন মৌলটির ব্যাপারে নিলসনের থেকে তাঁর ধারণা অনেক ভালো ছিল। অতএব, যে

ইতিহাসবেত্তাগণ ক্লেভে এবং নিলসনকে স্ক্যানডিয়ামের সহ-আবিষ্কারক বলে মনে করেন, তাঁরাই ঠিক।

বেশ কিছুকাল ধরে স্ক্যানডিয়ামের কিছু ধর্ম সম্বন্ধে মোহগ্রস্ত হয়ে নিলসন কাজ করছিলেন এবং এটির সঙ্গে একা-বোরনের অভিন্নতা স্বীকার করতে চাইছিলেন না। যাহোক, ক্লেভের গবেষণা নিলসনকে খুবই প্রভাবিত করেছিল। অবশেষে, তিনি স্বীকার করতে বাধ্য হয়েছিলেন যে তাঁর ভুল হয়েছিল, এই ভাবে পর্যায় তন্ত্রের ভবিষ্যদ্বাণী করার ক্ষমতার প্রতি সুবিচার করা হয়েছিল।

মেণ্ডেলেয়েভের সমস্ত ভবিষ্যদ্বাণীই অবশেষে দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন হয়েছিল। ধাতব স্ক্যানডিয়ামের ঘনত্বের ভবিষ্যদ্বাণীটি সত্য বলে প্রমাণিত করা কেবল বাকী ছিল; 1937 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ ডবলু ফিসের (W. Fischer) 98% বিশুদ্ধ স্ক্যানডিয়াম প্রস্তুত করতে সফল হন। এটির ঘনত্ব ছিল 3·0 গ্রাম/সি. সি.। এই মানটি ছিল মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী করা মানের সঙ্গে সম্পূর্ণ এক।

জার্মেনিয়াম

মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী করা তিনটি মৌলের মধ্যে একা-সিলিকন সব শেষে আবিষ্কৃত হয় এবং অন্যদুটির থেকে এটির আবিষ্কার-টি তুলনামূলকভাবে অনেকাংশে অপ্রত্যাশিতভাবে হয়েছিল। বাস্তবিক পক্ষে, পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন কর্তৃক গ্যালিয়াম আবিষ্কারটি তাঁর বর্ণালি বিশ্লেষণ গবেষণার সঙ্গে সরাসরি সম্বন্ধযুক্ত ছিল, এবং এল. নিলসন এবং পি. ক্লেভে কর্তৃক স্ক্যানডিয়াম পৃথক করাটা বিরলমৃত্তিকা মৌলের ব্যাপক গবেষণার সঙ্গে সম্বন্ধযুক্ত ছিল, যেটি সেই সময় চলছিল।

একা-সিলিকনের অস্তিত্ব সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করার পর মেণ্ডেলেয়েভ ধরে নিয়েছিলেন যে এটিকে Ti, Zr, Nb এবং Ta-এর খনিজে পাওয়া যেতে পারে। ভবিষ্যদ্বাণী করা মৌলটির সন্ধানে তিনি নিজেও কিছু বিরল মৃত্তিকার খনিজ বিশ্লেষণ করেছিলেন। এই কাজে তার ভাগ্য সুপ্রসন্ন ছিল না এবং একা-সিলিকন আবিষ্কারেরর আগে 15 বছর অতিবাহিত হয়েছিল। 1885 খ্রিস্টাব্দে গ্রীষ্মকালে, ফ্রেইবার্গের কাছে হিমেলস্‌ফুর্স্ট (Himmelsfurst) খনিতে একটি নতুন খনিজ আবিষ্কার হয়। এটির

নামকরণ করা হয় "আর্জিরোডাইট", কারণ এটির রাসায়নিক বিশ্লেষণে রূপো পাওয়া গিয়েছিল এবং ল্যাটিনে রূপোকে আর্জেন্টাম বলে। খনিজটির উপাদানগুলি সঠিক ভাবে নির্ণয় করার জন্যে 'দি ফ্রেইবার্গ অ্যাকাডেমি অব মাইনিং', সি. উইনক্লের (C. Winkler) কে অনুরোধ করে। বিশ্লেষণটি অপেক্ষাকৃত সহজ ছিল এবং শীঘ্র উইনক্লের 74·72% রূপো, 17·43% গন্ধক, 0·66% লোহার (II) অক্সাইড, 0·22% জিংক অক্সাইড এবং 0·31% পারদ পেয়েছিলেন খনিজটিতে। কিন্তু যেজন্যে তিনি বিস্মিত হয়েছিলেন তা হলো এই যে, আর্জিরোডাইটের উপাদানগুলির পরিমাণ যোগ করলে শতকরা 100 ভাগ হওয়ার পরিবর্তে 93·04 ভাগ হয়। উইনক্লের বিশ্লেষণটি যতবারই করেন ততবারই 6·96%-এর গরমিল থেকেই যায়।

অতঃপর, উইনক্লের ধরে নিয়েছিলেন যে, এই পলায়নকারী পরিমাণটির জন্যে একটি অজ্ঞাত মৌল দায়ী। এই ধারণায় উৎসাহিত হয়ে তিনি সতর্কতার সঙ্গে খনিজটি নিয়ে গবেষণা আরম্ভ করেন এবং 1886 সালে ফেব্রুয়ারী মাসে একা-সিলিকন আবিষ্কারেরর প্রধান ঘটনাটি ঘটেছিল।

নতুন মৌলের কিছু যৌগ এবং মৌলটিকে মুক্ত অবস্থায় প্রস্তুত করতে সফল হয়েছেন বলে এক বিবরণ পেশ করেন উইনক্লের, 6 ফেব্রুয়ারী তারিখে জার্মান কেমিক্যাল সোসাইটিতে। বিজ্ঞানীর এই বিবরণ প্রকাশিত হয় এবং সারা পৃথিবীর বহু বৈজ্ঞানিক প্রতিষ্ঠানে বিবরণটা পাঠান হয়। রাশিয়ান ফিজিকো-কেমিক্যাল সোসাইটি কর্তৃক প্রাপ্ত বিবরণের বয়ানটি নিচে দেওয়া হলো: "যথাবিহিত সম্মানপূর্বক রাশিয়ান ফিজিকো-কেমিক্যাল সোসাইটিকে নিম্ন স্বাক্ষরকারী জানাচ্ছে যে, আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনির ধর্মের কাছাকাছি একটি নতুন অধাতব মৌল তিনি আর্জিরোডাইডে আবিষ্কার করেছেন। যে মৌলটির তিনি নামকরণ করেছেন 'জার্মেনিয়াম'। আর্জিরোডাইট হলো একটি নতুন খনিজ যেটিকে ওয়েসবাখ (weisbach) ফ্রেইবার্গ অঞ্চলে আবিষ্কার করেন এবং খনিজটি রূপো, গন্ধক এবং জার্মেনিয়াম দিয়ে গঠিত।"

এই চিঠির তিনটি অংশ মনোযোগ আকর্ষণের উপযুক্ত: প্রথমত, উইনক্লের নতুন মৌলটিকে অধাতব মৌল বলে ধরেছিলেন; দ্বিতীয়ত, তিনি এটিকে আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনির অনুরূপ সদস্য বলে মনে করেছিলেন; তৃতীয়ত, মৌলটির আগেই নামকরণ করা হয়েছিল। প্রথম অবস্থায় উইনক্লের এটির "নেপচুনিয়াম" নামকরণ করতে চেয়েছিলেন, কিন্তু নামটি

আগেই অন্য একটি মৌলের জন্যে রাখা হয়েছিল — যে মৌলের আবিষ্কারটি মিথ্যে বলে প্রতিপন্ন হয়। এবং বিজ্ঞানী অতঃপর জার্মানির নামানুসারে "জার্মেনিয়াম" নামটি রাখেন। নামটি ব্যাপকভাবে গৃহীত হয়, যদিও তাড়াতাড়ি হয় নি।

পরে এটা স্পষ্ট হয়েছিল যে, অধিকাংশ সময় জার্মেনিয়াম উভধর্মী প্রকৃতির। অতএব, জার্মেনিয়ামকে অধাতব মৌল বলে উইনক্লেরের বর্ণনাটি সম্পূর্ণভাবে ভুল ছিল — তা মনে করা যেতে পারে না। পর্যায় সারণীর কোন্ মৌলের অনুরূপ সদস্য জার্মেনিয়াম ছিল; এই প্রশ্নে অনেক তর্কবিতর্ক চলেছিল। উইনক্লের জার্মেনিয়ামকে আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনির অনুরূপ বলে উল্লেখ করেন। কিন্তু জার্মান রসায়নবিদ রিখটার (Richter) উইনক্লেরের সঙ্গে একমত হন নি এবং বলেন যে জার্মেনিয়াম, খুব সম্ভবত একা-সিলিকনের সদৃশ। রিখটারের মতামতটা জার্মেনিয়াম আবিষ্কারককে সম্ভবত প্রভাবিত করে এবং 26 ফেব্রুয়ারী তারিখের এক চিঠিতে উইনক্লের মেন্ডেলেয়েভকে লেখেন, "প্রথমে আমি মনে করেছিলাম যে, এই মৌলটি আপনার অসাধারণ এবং বিবেচনাপ্রসূত সৃষ্ট পর্যায় সারণীর অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের মধ্যবর্তী স্থানটি পূরণ করবে এবং আপনার একা-অ্যান্টিমনির সদৃশ হবে। কিন্তু ঘটনাগুলি দেখিয়ে দিচ্ছে যে আমরা একা-সিলিকন নিয়ে কাজ করেছি।"

মেন্ডেলেয়েভের অভিনন্দন জানানোর চিঠির জবাবে — এই রকমই ছিল উইনক্লেরের উত্তর। এটা খুবই বিস্ময়ের ব্যাপার যে জার্মেনিয়াম অ্যান্টিমনির সদৃশ ছিল — এই ধারণাটি ভ্রান্ত বলে মেন্ডেলেয়েভ বিবেচনা করেন। কিন্তু তিনি জার্মেনিয়ামকে একা-সিলিকন বলেও মনে করেননি। নতুন মৌলটির প্রাকৃতিক উৎসটি তাঁর ভবিষ্যদ্বাণী করা টাইটেনিয়াম বা জার্মেনিয়াম খনিজের কোনটির সঙ্গেই কোন মিল ছিল না বলে, সম্ভবত মেন্ডেলেয়েভ বিস্মিত হয়েছিলেন। পর্যায় সূত্রের প্রবক্তা মেন্ডেলেয়েভ অন্য একটা প্রকল্প প্রস্তাব করেন: জার্মেনিয়াম ক্যাডমিয়ামের সদৃশ ছিল, যেমন একা-ক্যাডমিয়াম।

যদিও গ্যালিয়াম ও স্ক্যানডিয়ামের প্রকৃতি সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হয়েছিল, কিন্তু জার্মেনিয়াম সম্বন্ধে মেন্ডেলেয়েভ তত নিঃসন্দেহ ছিলেন না। যাহোক, এই অনিশ্চয়তা, খুব শীঘ্র নিশ্চয়তার পথ করে দিয়েছিল এবং 2 মার্চের মধ্যে মেন্ডেলেয়েভ জার্মেনিয়াম এবং একা-সিলিকনের অভিন্নতা বুঝতে পেরেছেন বলে উইনক্লেরকে খবর পাঠান।

খুব শীঘ্র "জার্মেনিয়াম — একটি নতুন মৌল" এই শিরোনামে "জার্নাল অব রাশিয়ান ফিজিকো-কেমিক্যাল সোসাইটি" তে উইনক্লের একটি বিশদ প্রবন্ধ প্রকাশিত হয়। একা-সিলিকনের ভবিষ্যদ্বাণী করা ধর্মের সঙ্গে জার্মেনিয়ামের প্রকৃত ধর্মের এই অসাধারণ মিলের এটি এক নতুন স্পষ্ট উদাহরণ।

অজ্ঞাত রাসায়নিক মৌল সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী

গ্যালিয়াম, স্ক্যানডিয়াম এবং জার্মেনিয়ামের ইতিহাস থেকে দেখা যায় যে, এই মৌলের আবিষ্কারগুলি পর্যায় সূত্র এবং পর্যায় তন্ত্রের দ্বারা কার্যত প্রভাবিত হয়নি। যাহোক, মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী করা একা-অ্যালুমিনিয়াম, একা-বোরন ও একা-সিলিকনের ধর্মের সঙ্গে যথাক্রমে গ্যালিয়াম, স্ক্যানডিয়াম ও জার্মেনিয়ামের ধর্ম মিলে গিয়েছিল। প্রকৃতিতে এই মৌলগুলি আবিষ্কৃত হবার বহু পূর্বে মেণ্ডেলেয়েভ এই সব মৌলের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি নির্ধারিত করেন। পর্যায় তন্ত্রের ভবিষ্যদ্বাণী করার ক্ষমতার, এইটি আকর্ষণীয় নজীর নয় কি?

গ্যালিয়ামের আবিষ্কার এবং এটির সঙ্গে একা-অ্যালুমিনিয়ামের অভিন্নতা পর্যায় সূত্রের ইতিহাসে এবং মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসে একটি দিকচিহ্ন হয়ে আছে। 1875 খ্রিটাব্দের পরে যে-সকল বিজ্ঞানী পর্যায় তন্ত্রটিকে অবজ্ঞা করতেন তাঁরাও এটির মূল্য স্বীকার করতে বাধ্য হয়েছিলেন। এদের মধ্যে ছিলেন প্রতিষ্ঠিত গবেষকগণ, যেমন বর্ণালি বিশ্লেষণের স্রষ্টা আর. বুনসেন (এক বার তিনি বলেছিলেন যে মৌলগুলিকে শ্রেণীবিভক্ত করা আর সংভার-বিনিময় কেন্দ্রে বিজ্ঞাপিত মূল্যের নিয়মানুবর্তীতা খোঁজা একই জিনিস) অথবা পি. ক্লেভে যিনি তাঁর বক্তৃতায় কখনও পর্যায় তন্ত্রের উল্লেখ করেন নি। স্ক্যানডিয়াম এবং জার্মেনিয়াম আবিষ্কার মানে মেণ্ডেলেয়েভের পর্যাবৃত্তি তত্ত্বের আরো সাফল্য।

বিশিষ্ট ত্রয়ী মৌল ছাড়াও মেণ্ডেলেয়েভ অন্যান্য অজ্ঞাত মৌলের উপস্থিতি সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। মোটের ওপর 1870 খ্রিস্টাব্দের সময় মেণ্ডেলেয়েভ তাঁর পর্যায় সারণীতে দশটা শূন্যস্থান লক্ষ্য করেছিলেন। যেমন, সপ্তম পর্যায়ে ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্যগুলি এবং আয়োডিনের অনুরূপ ভারী সদস্যটির (সবচেয়ে গুরুভার হ্যালোজেন মৌলটির অবশ্যই ধাতব ধর্ম বিশিষ্ট হতেই হবে) অনুপস্থিতি তিনি লক্ষ্য করেন।

মেণ্ডেলেয়েভের গবেষণা পত্রে আমরা একা. দ্বি. ও ত্রি-ম্যাঙ্গানিজ এবং একা-আয়োডিনের উল্লেখ দেখতে পাই। এগুলির সম্বন্ধে বিজ্ঞানী নিজে দৃঢ়ভাবে বিশ্বাস করতেন। ভবিষ্যদ্বাণী সম্বন্ধে এক আকর্ষণীয় ঘটনার সঙ্গে এখানে আমাদের সাক্ষাৎ হবে। একা-ম্যাঙ্গানিজ (পরে যেটি টেকনেশিয়াম নামে পরিচিত হয়) এবং একা-আয়োডিন (অ্যাস্টাটিন) পরে সংশ্লেষণ করা হয়। স্বাভাবিকভাবে, মেণ্ডেলেয়েভ জানতেন না যে প্রকৃতিতে এগুলির অস্তিত্ব নেই এবং এগুলির অস্তিত্ব সম্বন্ধে দৃঢ়ভাবে বিশ্বাস করতেন, কারণ পর্যায় সারণীর শূন্য স্থানগুলি এই মৌলগুলি দিয়ে পূর্ণ ছিল এবং পর্যায় সারণীকে অনেক বেশী যুক্তি সম্মত করেছিল।

ভবিষ্যদ্বাণীর দুটি অংশ ছিল: একটি মৌলের অস্তিত্বের সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী এবং এটির প্রধান ধর্মগুলি সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী। অনেক বিষয়ে প্রথম অবস্থাটি মেণ্ডেলেয়েভের অনুমানভিত্তিক কাজ ছিল। তেজস্ক্রিয়তার ঘটনাটি তখনও পর্যন্ত জানা ছিল না এবং এই তেজস্ক্রিয়তার দরুণ এত ক্ষণস্থায়ী কিছু মৌল সৃষ্টি হয় যে পৃথিবীতে এগুলির অস্তিত্ব প্রায় অসম্ভব ছিল বা এগুলির অস্তিত্ব আছে কারণ এগুলি দীর্ঘ-জীবনবিশিষ্ট তেজষ্ক্রিয় মৌলের রূপান্তরের ফলে সৃষ্টি হয় (থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়াম)।

দ্বিতীয় অংশটি সম্পূর্ণভাবে মেণ্ডেলেয়েভের ক্ষমতার মধ্যে ছিল এবং তাঁর বিশ্বাসের ওপর নির্ভরশীল ছিল। কখনও কখনও মেণ্ডেলেয়েভ সুস্পষ্টভাবে এবং দৃঢ়ভাবে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। একা-অ্যালুমিনিয়াম, একা-বোরণ এবং একা-সিলিকন সম্বন্ধে এমনভাবেই তিনি ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। এই মৌলগুলিকে পর্যায় সারণীর বিভিন্ন অংশে রাখতেই হয়েছিল। যে পর্যায় সারণীতে ইতিমধ্যে বহুজানা এবং বহু গবেষিত মৌলগুলিকে দেখানো হয়েছিল — বিশ্বাসযোগ্য ভবিষ্যদ্বাণীর অঞ্চলে। কখনও কখনও কোন অজ্ঞাত মৌলের ধর্ম সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণীটি অত্যন্ত সতর্কতার সঙ্গে করেছিলেন মেণ্ডেলেয়েভ। এগুলির মধ্যে ছিল ম্যাঙ্গানিজ, আয়োডিন এবং টেলুরিয়ামের সদৃশ মৌলগুলি, এ ছাড়াও সপ্তম পর্যায়ের শুরুতে অদৃশ্য মৌল একা-সিজিয়াম, একা-বেরিয়াম, একা-ল্যান্থানাম এবং একা-ট্যাণ্টালামও ছিল। এখানে মেণ্ডেলেয়েভ অন্ধকারে হাতড়িয়ে বেড়িয়েছিলেন এবং পারমাণবিক ভর নির্ধারণ এবং অক্সাইডের সংকেতটি উপস্থাপিত করতে সাহসী হয়েছিলেন। মেণ্ডেলেয়েভ ভেবেছিলেন যে

অজানা মৌলের (সেই সমস্ত বিরলমৃত্তিকা সমেত) ধর্ম সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করা কঠিন ব্যাপার, পর্যায় সারণীর পরিধিতে এই মৌলগুলির অবস্থিতি ছিল কারণ এই সব মৌলের চারিপাশে খুব কম সংখ্যায় জানা মৌলগুলি ছিল। এটা ছিল অনিশ্চিত ভবিষ্যদ্বাণীর "অনুজ্জ্বল" এলাকা। অবশ্যই, এগুলির মধ্যে বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলিও ছিল।

অবশেষে, পর্যায় সারণীর কিছু অংশের ভবিষ্যদ্বাণীটি সম্পূর্ণ অবিশ্বাসযোগ্য ছিল। এগুলির মধ্যে হাইড্রোজেনের থেকে হাল্কা এবং ইউরেনিয়ামের থেকে ভারী প্রাকল্পিক মৌল ছিল, যেগুলি দুর্বোধ্য অঞ্চলে বিস্তৃত ছিল। পর্যায় সারণীটি হাইড্রোজেন দিয়ে আরম্ভ করতেই হবে এটা মেণ্ডেলেয়েভ কখনও চিন্তাই রকতে পারেন নি। এমনকি তিনি একটি প্রবন্ধ লেখেন যেখানে তিনি হাইড্রোজেনের আগে অবস্থিত দুটি মৌলের সম্বন্ধে আলোচনা করেন। পর্যায় সূত্রের অর্থ যখন পদার্থবিদগণ ব্যাখ্যা করেন, কেবল তখনই তাঁর ভুলটি পরিষ্কার হয়: হাইড্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্রীণে ন্যূনতম আধান-আছে, যার মান একের সমান। ইউরেনিয়ামের থেকে ভারী মৌলের বিষয়ে, মেণ্ডেলেয়েভ অত্যন্ত কম সংখ্যক মৌলের অস্তিত্ব সম্বন্ধে বলেছিলেন এবং এগুলির সম্ভাব্য, এমনকি মোটামুটি ধর্মগুলিকে ভবিষ্য-দ্বাণী করার স্বাধীনতা তিনি নেন নি। অনেক দিন পরে ছাড়া এমন ধারা ভবিষ্যদ্বাণী করা হয় নি, যে সময় এগুলি বিজ্ঞানের ইতিহাসে গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা রূপে ইঙ্গিত দিয়েছিল।

অধ্যায় 10

হ্যাফনিয়াম এবং রেনিয়াম — দুটি স্থায়ী মৌল, যে দুটি সবশেষে আবিষ্কৃত হয়

প্রকৃতিতে স্থায়ী মৌলগুলির মধ্যে 72 এবং 75 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌল দুটি সবশেষে আবিষ্কৃত হয় — এই শতাব্দীর দ্বিতীয় দশকে মাত্র। এদুটি বিরল মৌল, বিশেষ করে, রেনিয়াম, যেটি প্রাপ্তির দিক থেকে বিরলতম মৌলগুলির অন্যতম। এদুটি মৌলের আবিষ্কার দেরী হওয়ার পেছনে হ্যাফনিয়াম ও রেনিয়ামের প্রাপ্তির স্বল্পতা খুব একটা দায়ী নয়। এই মৌল দুটির অদ্ভুত ভূ-রসায়নটি এর কারণ: এগুলি কণা-মৌল বলে জানা আছে এবং এগুলি ভূত্বকে আকরিক বা খনিজ সৃষ্টি করে না, কিন্তু অন্যান্য মৌলের আকরিক ও খনিজে এগুলি অতি অল্প পরিমাণে অশুদ্ধি হিসেবে উপস্থিত থাকে। এইরূপ আচরণের জন্যে সমাকৃতিত্ব (যৌগের কেলাস জালক থেকে কিছু মৌলের আয়ন অন্য মৌলের আয়ন দ্বারা পরিবর্তিত হয়, যখন মৌলগুলির আয়নিক ব্যাসার্দ্ধগুলি খুব কাছাকাছি হয়) বহুলাংশে দায়ী। জার্কোনিয়াম এবং হ্যাফ্‌নিয়ামের আয়নিক ব্যাসার্দ্ধগুলি প্রায় অভিন্ন, যার ফলে এই দুটি মৌলের রাসায়নিক সাদৃশ্য এত বেশি (এগুলিকে পৃথক করা বর্তমান কালেও বেশ কঠিন সমস্যা)। জার্কোনিয়ামের সঙ্গে প্রায়ই অল্প পরিমাণে হ্যাফনিয়াম পাওয়া যায় এবং এগুলির সাদৃশ্যের জন্য, জার্কোনিয়াম থেকে হ্যাফনিয়ামকে সনাক্ত করা যায় না।

প্রাচুর্যবিশিষ্ট যে কোন মৌলের খনিজের প্রতি রেনিয়ামের বিশিষ্ট কোন আকর্ষণ নেই। অতএব, যখন হ্যাফনিয়ামের অস্তিত্বটি বরং সহজেই প্রমাণিত হয়েছিল, তখনও রেনিয়ামকে স্পষ্ট ভাবে আবিষ্কার করা যায় নি, অবশ্য বহু বছরের কষ্টসাধ্য গবেষণার পর এটা করা সম্ভব হয়েছিল।

বিজ্ঞানীরা জানতেন, কী তাঁরা সন্ধান করছেন এবং আগের থেকে পরিকল্পনা করেছেন যে কী, কোথায় এবং কেমনকরে তাঁরা আবিষ্কার করবেন: 72 এবং 75 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলের খোঁজে তাঁরা



ডব্‌ল্‌. র‍্যামজে

ছিলেন। হ্যাফনিয়াম তাড়াতাড়িই আবিষ্কৃত হয়েছিল, কিন্তু রেনিয়ামের ব্যাপারে অসাধারণ তত্ত্বীয় ভবিষ্যদ্বাণীটা প্রথমবার সফল হয় নি।

হ্যাফনিয়াম ও রেনিয়ামের ভাগ্যে কিছু বৈশিষ্ট্য সাধারণ ছিল: বর্ণালি বিশ্লেষণের (এক্সরে বর্ণালিবীক্ষণ) নতুন পদ্ধতির সাহায্যে মৌলের এক্সরে বর্ণালি গবেষণা দ্বারা একটি মৌল আবিষ্কৃত হয়। 1914 খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ পদার্থবিদ এইচ. মোসেলে (H. Moseley) একটি সূত্র আবিষ্কার করেন, যেটি কোন একটি মৌলের এক্স-রশ্মির বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্যটি পর্যায় সারণীতে ঐ মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সঙ্গে সম্বন্ধযুক্ত ছিল। এই সূত্রটির সাহায্যে এক্স-রশ্মি বর্ণালিটির সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব হয়েছিল। নতুন মৌল আবিষ্কারের ক্ষেত্রে হ্যাফনিয়াম ও রেনিয়ামের মত এত ব্যাপক প্রস্তুতি এর আগে কোন দিনই নেওয়া হয় নি।

হ্যাফনিয়াম

ডেনমার্কে অবস্থিত, দি ইনস্টিটিউট অব থিয়োরেটিক্যাল ফিজিক্স অব কোপেনহেগেন ইউনিভার্সিটি ছিল 72 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট নতুন মৌলটির জন্মস্থান। জন্ম তারিখ ছিল 1922 খ্রিস্টাব্দের ডিসেম্বরের

শেষাশেষি, যদিও 1923 খিৃস্টাব্দের জানুয়ারীতে এক বিজ্ঞান জার্নালে আবিষ্কারের ব্যাপারে একটি নিবন্ধ প্রকাশিত হয়। ডাচ্ বর্ণালি বিশ্লেষক ডি. কোস্টার (D. Coster) এবং হাঙ্গেরিয়ান তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদ জি. হেভেসি (G. Hevesy), কোপেনহেগেনের প্রাচীন নামানুসারে মৌলটির নামকরণ করেন হ্যাফনিয়া। হ্যাফনিয়াম আবিষ্কারের বিষয়ে এন. বোর (N. Bohr) চূড়ান্ত ভূমিকা নিয়েছিলেন, মৌলটির শৈশবকাল থেকে যিনি মৌলটির পাশে ছিলেন।

12 নং মৌলটির উৎস ছিল জারকন নামে একটি সাধারণ খনিজ, যেটিতে প্রধানত জার্কোনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। বোরই ছিলেন সেই ব্যক্তি যিনি খনিজটিকে গবেষণার বিষয় বলে মত প্রকাশ করেন।

সাফল্য সম্বন্ধে ডাচ পদার্থবিদ কেন এত নিশ্চিত ছিলেন? বেশ, 1870 সালের দিকে আমরা একবার দৃষ্টি ফেরাই, যখন মেন্ডেলেয়েভ পর্যায় সারণী প্রস্তুতে নিয়োজিত ছিলেন। তিনি জার্কোনিয়ামের তলার ঘরটি 180-এর কাছাকাছি ভর বিশিষ্ট একটি অজ্ঞাত মৌলের জন্যে নির্দিষ্ট করেন। মেন্ডেলেয়েভের ব্যবহৃত পরিভাষা অনুসারে আমরা মৌলটির নামকরণ করতে পারি একা-জার্কোনিয়াম। মেন্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী করা গ্যালিয়াম, স্ক্যানডিয়াম এবং জার্মেনিয়াম আবিষ্কৃত হবার পর, একা-জার্কোনিয়ামের উপস্থিতি সম্বন্ধে ধারণাটি অনেক বেশি দৃঢ় হয়েছিল। যাহোক, এই প্রাকল্পিক মৌলটির ধর্ম সম্বন্ধে প্রশ্ন থেকে গিয়েছিল। এ ব্যাপারে কোন স্থির মূল্যায়ন করা থেকে মেন্ডেলেয়েভ বিরত ছিলেন। সাধারণভাবে বলতে গেলে, দুটো সম্ভাবনা ছিল: পর্যায় সারণীর IV B উপশ্রেণীর মৌল ছিল একা-জার্কোনিয়াম, তারমানে, জার্কোনিয়ামের সদৃশ মৌল অথবা বিরল মৃত্তিকা শ্রেণীর অন্তর্গত সবচেয়ে ভারী মৌল। "সেনশিয়াম" নামটা এখন স্মরণ করা যায় (১৫৫ পৃঃ দ্রষ্টব্য)।

ইটারবিয়ামকে বিভক্ত করে এবং প্রকৃতিতে অবস্থিত শেষ বিরলমৃত্তিকা মৌল লুটেশিয়ামকে পৃথক করে, জি. আরবেন (G. Urbain) ভারী বিরল মৃত্তিকা মৌলগুলি পৃথক করার কঠিন কাজটি চালিয়ে যেতে লাগলেন। অবশেষে, তিনি একটি অংশ সংগ্রহ করতে সফল হয়েছিলেন, যেটির বর্ণালিতে নতুন রেখা ছিল। এই ঘটনাটি ঘটেছিল 1911 খিৃস্টাব্দে, যখন এটি বৈজ্ঞানিক মহলের দৃষ্টি আকর্ষণ করেনি। সম্ভবত, স্বয়ং এটির নামকরণ করার পরও আরবেন নিশ্চিত ছিলেন না যে তিনি সত্যি সত্যি একটি নতুন মৌল আবিষ্কার করেছেন। যাহোক, অক্সফোর্ডে, যেখানে

মোসলে কাজ করতেন, সেলশিয়ামের নমুনাটি পাঠান অনেক বেশী যুক্তিসম্মত বলে তিনি চিন্তা করেন। মোসলে এক্সরশ্মি বর্ণালি বীক্ষণ দ্বারা নমুনাটিকে পরীক্ষা করেন, কিন্তু এক্সরশ্মি ফটোটি নিম্ন মানের হয়েছিল। তদসত্ত্বেও, 1914 খ্রিস্টাব্দের আগস্ট মাসে মোসলে একটি নিবন্ধ প্রকাশিত করেন, যাতে তিনি সেলশিয়ামকে জ্ঞান বিরলমৃত্তিকার মিশ্রণ বলে দৃঢ়ভাবে বর্ণনা করেন। নিবন্ধটি, কার্যত অলক্ষ্যেই থেকে গিয়েছিল। এক কথায়, অনেক দিন ধরে সেলশিয়ামের আবিষ্কারটি সন্দেহজনক বলে মনে করা হতো; যদিও বৈজ্ঞানিক জার্নালগুলিতে Ct সংকেতটি কখনও কখনও দেখা যেত।

ইতিমধ্যে এন. বোর পরমাণুর ইলেক্ট্রন-কক্ষ বিষয়ে তত্ত্বটি নিয়ে গবেষণা করছিলেন, যেটি পর্যায় তত্ত্বের একটি প্রয়োজনীয় দিক ছিল; অবশেষে তিনি রাসায়নিক মৌলের ধর্মের পর্যাবৃত্তি পরিবর্তনটি ব্যাখ্যা করেন। এ ছাড়াও বোর সমস্যাটির সমাধান করেন, বহুকাল যাবত যেটির ব্যাপারে রসায়নবিদরা কৌতূহলী ছিলেন: বিরলমৃত্তিকা মৌলের সঠিক সংখ্যাটি তিনি খুঁজে পেয়েছিলেন। ল্যান্থানাম থেকে লুটেশিয়াম পর্যন্ত 15 টি মৌল থাকতেই হবে। এর মধ্যে নিয়োডিমিয়াম এবং সামারিয়ামের মধ্যবর্তী মৌলটি (প্রোমেথিয়াম নামে পরে যেটি জানা যায়, ২৪০ পৃঃ দৃষ্টব্য) তখনও অজানা ছিল। তাঁর নিজের দেওয়া সূত্রের সাহায্যে বোর এই সিদ্ধান্তে এসেছিলেন — পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের (Z) বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে পরমাণুর ইলেক্ট্রন কক্ষের গঠনটি যে সূত্রটি নির্ধারিত করে।

অতএব, সেলশিয়াম যদি প্রকৃত পক্ষে একটি বিরল মৃত্তিকা মৌল হতো, তবে বোর পুরোপুরি এটিকে বাতিল করতে পারতেন। একা-জার্কোনিয়াম হলে কেন এটা পারবেন না? লুটেশিয়ামে এসে বিরলমৃত্তিকা শ্রেণীটি শেষ হয়েছে এটি প্রমাণিত করার পর বোর দৃঢ়ভাবে প্রতিপন্ন করেন যে, 72 নং মৌলটি জার্কোনিয়ামের সদৃশ কোন সদস্য ছাড়া অন্য কিছু হতে পারে না। হারিয়ে যাওয়া মৌলটিকে জার্কোনিয়ামের খনিজগুলিতে খুঁজে দেখবার জন্যে ডি. কোস্টার এবং জি. হেভেসিকে বোর পরমর্শ দেন। বর্তমানে এগুলি যুক্তিসম্মত এবং স্পষ্ট বলে আমাদের কাছে মনে হলেও, সেই সময় এবিষয়ে নানান সমস্যা ছিল: 72 নম্বর মৌলটি জার্কোনিয়ামের অনুরূপ সদস্য হিসেবে যদি প্রমাণিত না হতো, তবে পর্যায় তন্ত্রের বিষয়ে বোরের সমস্ত তত্ত্বটি বিতর্কিত হয়ে দাঁড়াতো। জার্কোনিয়াম থেকে হ্যাফনিয়ামকে পৃথক করার পর, কোস্টার এবং হেভেসি পরীক্ষার দ্বারা এই তত্ত্বটিকে দৃঢ়ভাবে

প্রমাণিত করেন, যেমনভাবে অর্ধ শতাব্দী পূর্বে গ্যালিয়ামের আবিষ্কারের দ্বারা মেণ্ডেলেয়েভের পর্যায় তন্ত্রটি প্রমাণিত করা হয়।

হ্যাফনিয়াম আবিষ্কারের নিবন্ধটি পড়ার পর, আরবেন বুঝতে পেরেছিলেন যে, সেলশিয়ামের ব্যাপারটির এখানেই ইতি। পরাজয়ের গ্লানিটা মর্যাদার সঙ্গে নিতে কেউই পারে না। সেলশিয়াম ব্যাপারে অংশ নিতে আরবেন অনিচ্ছুক ছিলেন না এবং 72 নং মৌলের সঙ্গে এটিকে অভিন্ন বলে প্রমাণ করতে চেষ্টা করতে লাগলেন। ফরাসী বর্ণালি বিশ্লেষক এ. ডেউভিল্লিয়ার (A. Dauvillier) তাঁর সাহায্যে এগিয়ে আসেন; সেলশিয়াম বর্ণালির মৌলিকত্ব প্রমাণ করার চেষ্টা করেন এবং এইভাবে "মৌলটিকে" অন্যতম বিরলমৃত্তিকা মৌল বলে প্রমাণ করেন।

আরবেন এবং ডেউভিল্লিয়ার ঘোষণা করেন যে, কোস্টার এবং হেভেসি কেবলমাত্র সেলশিয়ামকে পুনর্বার আবিষ্কার করেন এবং এর বেশী কিছু করেননি, কারণ খুব তাড়াতাড়ি, হ্যাফনিয়াম নিজের থেকেই আবির্ভূত হয়েছিল। বিশুদ্ধ অবস্থায় এটি প্রস্তুত করার পর নতুন বর্ণালি বিশ্লেষণ পরীক্ষায় দেখানো হয় যে হ্যাফনিয়ামের সঙ্গে সেলশিয়ামের কোন মিলই নেই। ইতিহাসের কি পরিহাস! হ্যাফনিয়ামের প্রথম আবিষ্কারক হবার সবরকম যোগ্যতা আরবেনের ছিল। 1922 খ্রিস্টাব্দের প্রারম্ভে তিনি এবং তাঁর সহকর্মী সি. বোউলাংগ (C. Boulangé) মাদাগাস্কার থেকে পাওয়া খুবই বিরল খনিজ থোর্ট্ভেইটাইটকে বিশ্লেষণ করেন। খনিজটিতে 8% জার্কোনিয়াম অক্সাইড ছিল এবং হ্যাফনিয়াম অক্সাইড আরো বেশী পরিমাণে ছিল। এই একটি মাত্র ঘটনা যেখানে খনিজটিতে জার্কোনিয়াম থেকে হ্যাফনিয়ামের পরিমাণটি বেশী এবং আরবেন ও বোউলাংগে 72 নং মৌলটি আবিষ্কার করতে ব্যর্থ হন। জার্কোনিয়াম এবং হ্যাফনিয়ামের মধ্যে অনেক রাসায়নিক সাদৃশ্য থাকাটাই এর জন্যে দায়ী।

রেনিয়াম

ইতিহাসের ব্যাপারে, নিঃসন্দেহভাবে হ্যাফনিয়াম থেকে রেনিয়ামের অনেক সুবিধে ছিল: 75 নং মৌলটি ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্য বা মেণ্ডেলেয়েভের পরিভাষা অনুযায়ী ত্রি-ম্যাঙ্গানিজ হতেই হবে — এমন মতে কারো কোন সন্দেহ ছিল না। কিন্তু অন্য সকল ব্যাপারে কোন নিশ্চয়তা ছিল না।

বেশ, আমরা একটা পরীক্ষা করি। যেখানে রেনিয়াম নিয়ে আলোচনা

আছে, এমন কিছু বিজ্ঞান-পুস্তিকা বা পাঠ্য বই যদি আমরা ক্রমানির্বিশেষে বেছে নিতে থাকি, তবে আমরা দেখতে পাবো যে কোন কোন বিষয়ে লেখকগণ সহমতে পৌঁছালেও, অনেক বিষয়ে গুরুতর মতভেদ আছে। তাঁরা সবাই স্বীকার করেন যে, 1925 খ্রিস্টাব্দে রেনিয়াম আবিষ্কৃত হয়, কিন্তু যে উৎস থেকে রেনিয়ামকে নিষ্কাশন করা হয়েছিল, সেই উৎস সম্বন্ধে তাঁদের মতভেদ আছে। রেনিয়ামের উৎস হিসেবে উল্লিখিত খনিজগুলির মধ্যে আছে কলম্বাইট, প্ল্যাটিনাম আকরিক, মুক্ত প্ল্যাটিনাম এবং ট্যান্টালাইট; আয়োবাইট এবং উলফ্রামাইট, অ্যালভাইট এবং গ্যাডোলিনাইট ইত্যাদি। এমনকি একজন ভূ-রসায়নবিদও এতরকম বিভিন্ন শ্রেণীর খনিজের মধ্যে নিজের পথটি খুঁজে পেতে অসুবিধেয় পড়তে পারেন।

ভূমিকায় এত রকম মন্তব্য করার পরও রেনিয়ামের আবিষ্কারক রূপে আমরা ভি. নোডাক (V. Noddack), আই. ট্যাকে (I. Takke) (পরে যিনি ভি. নোডাককে বিয়ে করেন) এবং বর্ণালি বিশ্লেষক ও. বার্গ (O. Berg)-এর নাম করতে পারি। আবিষ্কারক হিসেবে এদেরকে মেনে নিতে কেউ আপত্তি করেনি। এই একটি মাত্র ঘটনা যেখানে তখনও অনাবিষ্কৃত মৌলটি ইঞ্জিনিয়ারেদের মনোযোগ আকর্ষণ করে। পর্যায় সারণীর গুরুত্বের ব্যাপারে তাঁরা সজাগ ছিলেন। যেহেতু তড়িৎ-যন্ত্রবিজ্ঞানে ট্যাংস্টেন ব্যাপক ভাবে ব্যবহৃত হতো, তাই এটা ভাবার যথেষ্ট কারণ আছে যে এই শিল্পের জন্যে 75 নং মৌলটির ধর্মগুলি অনেক বেশী মূল্যবান বা কার্যকারী হবে। এটা বিশ্বাস করার যথেষ্ট কারণ আছে যে বাস্তব প্রয়োজনের তাগিদে নোডাকরা মৌলটির অন্বেষণ করেছিলেন।

1922 খ্রিস্টাব্দে ব্যাপক প্রস্তুতির পর তাঁরা কাজে লেগেছিলেন। সর্বপ্রথম, ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্যগুলির আবিষ্কারের বিবরণগুলি তাঁরা সংগ্রহ করেন। যেহেতু আবিষ্কারগুলি তখনও সমর্থিত হয় নি, তাই এগুলিকে মিলিয়ে দেখার তাঁদের ইচ্ছা হয়েছিল। বিজ্ঞানীগণ বিশদ গবেষণার কার্যসূচী তৈরী করেছিলেন: একই সঙ্গে তাঁরা দুটি মৌলের ব্যাপারে গবেষণা করতে চেয়েছিলেন, কারণ 75 নং মৌলটিই একমাত্র ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ অজ্ঞাত মৌল ছিল না, এ ছাড়া ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ হাল্কা আর একটি মৌলও ছিল — যেটি ছিল অদ্ভুত ধরনের 43 নং মৌলটি (পৃঃ ২৩০ দ্রষ্টব্য)। এই মৌল দুটির অনেক ধর্ম, পর্যায় সারণীর কল্যাণে ভবিষ্যদ্বাণী করা সম্ভব হয়েছিল। রেনিয়াম সম্বন্ধে নোডাকের ভবিষ্যদ্বাণীগুলির সঙ্গে মৌলটির বাস্তব ধর্মগুলি আমরা তুলনা করতে পারি:

ভবিষ্যদ্বাণী	বর্তমান তথ্য
পারমাণবিক ভর 187-188	186.2
ঘনত্ব 21	20.5
গলনাঙ্ক 3300 K	3 323 K
উচ্চতর অক্সাইডের সংকেত X_2O_7	Re_2O_7
উচ্চতর অক্সাইডের গলনাঙ্ক 400-500°C	220°C

বাস্তবিক, সাদৃশ্যটা অসাধারণ ছিল। কেবল মাত্র অক্সাইডের গলনাঙ্কটা অনেক কম ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল, পক্ষান্তরে, মোটের ওপর মেণ্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণী করার অসাধারণ পদ্ধতিটি সম্পূর্ণরূপে স্বীকার করা হয়েছিল। 75 নং মৌলটি (এবং 43 নং মৌলটি) কী হতে পারে, সে সম্বন্ধে নোডাকদের সম্পূর্ণ সঠিক ধারণা ছিল। এইভাবে, রেনিয়ামের ইতিহাসটি এটির অনুরূপ হাল্কা সদস্যটির ইতিহাসটির সঙ্গে নিবিড়ভাবে সম্বন্ধযুক্ত ছিল।

কিন্তু এই দুই মৌলের জন্যে কোথায় অন্বেষণ করা হবে? রেনিয়ামের ভূ-রাসায়নিক প্রকৃতিটা ভবিষ্যদ্বাণী করার পর নোডাকরা সেই সময়কার ভূ-রসায়ন তত্ত্বের পুরো সদ্ব্যবহার করেছিলেন; এমনকি রেনিয়াম যে দারুণ বিরল মৌল এটাও তাঁরা জানতেন। যাহোক রেনিয়াম কণা-মৌল হিসেবে ছিল, এটা তাঁরা জানতে পারেন না, অতএব, সন্দেহ করা ছাড়া কার্যত তাঁদের কাছে অন্য কিছু প্রশ্নাতীত ছিল।

প্ল্যাটিনাম আকরিকগুলি এবং তথাকথিত কলম্বাইটগুলি (ট্যান্টালাইটগুলি), এই দুই ধরনের খনিজ নিয়ে পরীক্ষা করতে তাঁরা মনঃস্থ করেন। ঈপ্সিত মৌলটির খোঁজে তাঁরা চার (1921 থেকে 1925) বছর গবেষণায় কাটিয়েছিলেন, কিন্তু বৃথা সে চেষ্টা। হ্যাফনিয়াম আবিষ্কার সম্বন্ধে একটি ছোট খবর প্রকাশিত হয় এবং প্রকৃতিতে যেটির উপস্থিতি এক্স-রশ্মির বর্ণালি বিশ্লেষণের দ্বারা প্রতিপন্ন হয়। ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্য দুটির উপস্থিতিটা প্রমাণ করবার জন্যে এই এক্স-রশ্মি বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতিটা নোডাকদের মাথায় এসেছিল, নিঃসন্দেহে এই ঘটনাটির থেকে। এরপর এক্স-রশ্মি বর্ণালি বিশ্লেষণে বিশেষজ্ঞ ও. বার্গের সাহায্য তাঁরা চেয়েছিলেন।

1925 খ্রিস্টাব্দের জুন মাসে ভি. নোডাক; আই. ট্যাকে এবং ও. বার্গ মেসুরিয়াম (43 নং) এবং রেনিয়াম (75 নং), এই দুই হারিয়ে-যাওয়া মৌলের আবিষ্কার সম্বন্ধে একটি নিবন্ধ প্রকাশ করেন। কলম্বাইট এবং



দ. মেন্ডেলেয়েভ

উরাল অঞ্চলের প্ল্যাটিনামে এদুটি মৌল পাওয়া গিয়েছিল এবং জার্মানির দুটি প্রদেশের নামানুসারে এদুটির নামকরণ করা হয়। এই মৌল দুটির উপস্থিতির প্রধান সমর্থন মিলেছিল, মৌলদুটির এক্স-রশ্মি বর্ণালি থেকে। কিন্তু মৌল দুটির নিষ্কাশনের কোন প্রশ্নই ওঠে না এবং সাধারণভাবে জার্মান বিজ্ঞানীদের যুক্তিটি খুব বেশী বিজড়িত ছিল। যাহোক, নিবন্ধটি অনেক বেশী মনোযোগ আকর্ষণ করেছিল এবং অন্যান্য বিজ্ঞানীরা এই ফলাফল পুনর্বার প্রতিষ্ঠা করার চেষ্টা করেন।

যাহোক, এধরনের কোন কিছু অনুসরণ করা হয় নি। একবছর অতিবাহিত হওয়ার পর সোভিয়েত বিজ্ঞানী ও. ই. জ্ভ্যাগিন্ট্সেভ (O. E. Zvyagintsev) এবং তাঁর সহকর্মীরা ইউরেলিয়ান প্ল্যাটিনাম আকরিকে কোন নতুন মৌল নেই — এটি অকাট্যভাবে প্রমাণ করেন। এর পরে জার্মান বিজ্ঞানীরা কলম্বাইট নিয়ে গবেষণা চালিয়ে যেতে লাগলেন, কলম্বাইটগুলিতে উপাদানের মধ্যে দারুণ হেরফের হতো। কিন্তু ভবিষ্যদ্বাণী অনুসারে, এগুলিতে ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ রহস্যময় সদস্যদুটিকে থাকতেই হবে। অজ্ঞাত মৌলদুটির ঘনত্ব বৃদ্ধি করার জন্যে তাঁরা খনিজগুলির ওপর নানা রকম জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়েছিলেন এবং পরে এক্স-রশ্মি বর্ণালির বিশ্লেষণ করেন। এইভাবে প্রাপ্ত তথ্যগুলি পুনর্বার আশ্বস্ত করলেও,

স্থির সিদ্ধান্ত করার পক্ষে তখনও যথেষ্ট ছিল না: 43 নং এবং 75 নং মৌল দুটিকে বিজ্ঞানীরা তখনও লক্ষণীয় পরিমাণে প্রস্তুত করতে পারেন নি এবং এদুটির ধর্ম, অভিজ্ঞতার দ্বারা নির্ণয় করেন।

নোডাকদের পাওয়া ফলাফলগুলি অন্য কেউ পুনর্বার প্রতিষ্ঠা করতে পারেননি। তাঁদের স্বদেশবাসী ডবলু. প্রান্ড্ট্ল (W. Prandtl) গ্রিম (A. Grimm) নামে তাঁর এক সহকারীকে ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্যদের প্রস্তুতিটা দেখার জন্যে পাঠান। ঘরে ফিরে এসে, এ. গ্রিম সমস্ত পদ্ধতিটা চূড়ান্ত করে নিয়ে পুনর্বার করেন এবং..., এই ধরনের সময় নষ্ট করায় তাঁর কী পরিমাণ দুর্দশা হয়েছিল তা আমরা জানি না। নোডাকদের ফলাফল সম্বন্ধে ইংরেজ বিজ্ঞানী এফ. লোরিং (F. Loring) এবং চেক বিজ্ঞানী ইয়া. গেইরভস্কি (Ya. Geirovskii) এবং ড্রুউসে (Y. Druce) সন্দেহ প্রকাশ করেছিলেন। পরে অন্যান্য উৎস থেকে এবং অন্য পদ্ধতির সাহায্যে 75 নং মৌলটি আবিষ্কারের অগ্রাধিকারটি দাবী করেন লোরিং, গেইরভ্স্কি এবং ড্রুউসে। ইতিহাস এদের নামগুলি ধরে রেখেছে, কিন্তু রেনিয়ামের আবিষ্কারক হিসেবে নয়।

দুজন জার্মান বিজ্ঞানী 43 নং মৌলটি (টেকনেশিয়াম নামে পরে পরিচিত হয়) প্রস্তুত করেছিলেন বলে বিশ্বাস করেন। এখন আমরা জানি যে, সেই সময় টেকনেশিয়ামে উপস্থিতিটা তাঁরা কোনভাবেই সনাক্ত করতে পারে নি; পক্ষান্তরে নোডাকরা রেনিয়ামের আবিষ্কারটি থেকে এটির আবিষ্কারটি সম্বন্ধে অনেক বেশী নিশ্চিত ছিলেন (ঘটনাটি তাঁদের খুব একটা গৌরবের ছিল না)। সময় যত যেতে লাগলো, নোডাকরা তত বুঝতে পারছিলেন যে বিশ্লেষণের জন্যে খনিজের শ্রেণীগুলি বহুলাংশে বৃদ্ধি পেয়ে গিয়েছে। আপাত-দৃষ্টে, পূর্বেকার ভূ-রাসায়নিক ভবিষ্যদ্বাণীটা সত্যি হয় নি। 1926 খৃস্টাব্দের গ্রীষ্মকালে এবং 1927 খৃস্টাব্দে নোডাকরা খনিজের অন্বেষণে নরওয়ে গিয়েছিলেন। খনিজগুলির মধ্যে ট্যান্টালাইট, গ্যাডোলিনাইট, অ্যালভাইট, ফারগুসোনাইট এবং মলিবডেনাইট ছিল। 1928 সালের প্রারম্ভে বিজ্ঞানীরা খনিজগুলির বিশ্লেষণ করে বিশেষত মলিবডেনাইট (মলিবডেনাম সালফাইড) থেকে প্রায় 120 মিলিগ্রাম মত রেনিয়াম প্রস্তুত করেন। ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ সদস্যদের সম্ভাব্য উৎস হিসেবে এটি এর আগে আর কোন দিন বিবেচিত হয় নি।

এই ভাবে, অবশেষে রেনিয়াম বাস্তবে পরিণত হলো। সন্দেহের নিরসন হলো এবং পর্যায় সারণীর 75 নং ঘরটি Re সংকেতের দ্বারা অধিকৃত

হলো; কিন্তু বহুদিন ধরে মেসুরিয়া মৌলটি বিভ্রান্তিকর অবস্থায় রয়ে গেলো।

অতএব, রেনিয়াম আবিষ্কারের প্রকৃত তারিখটা হলো 1928 খ্রিস্টাব্দ, যেটি ছিল গবেষণার দীর্ঘ পদ্ধতির চূড়ান্ত ধাপ। 1925 খ্রিস্টাব্দ, যেটিকে ব্যাপকভাবে মেনে নেওয়া হয়েছিল, আসলে সেটা ছিল মৌলটির প্রাগৈতিহাসিক জীবনের একটি উল্লেখযোগ্য দিন।

গবেষণার সমস্ত দিকের পরিকল্পনা করে, নোডাকরা একা-ম্যাঙ্গানিজের আবিষ্কারের সম্বন্ধে প্রত্যাশিত সমস্ত প্রকাশিত প্রবন্ধগুলি সংগ্রহ করেছিলেন। দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময় তাঁদের মন্তব্য সম্বলিত তথ্যগুলি হারিয়ে যায়। কিন্তু নিঃসন্দেহভাবে এস. এফ. কের্ন (S. F. Kern) নামে রাশিয়ান বিজ্ঞানীটির নাম এবং "ডেভিয়াম" নামে মৌলটির উল্লেখ সেখানে ছিল। তবে এটা হতে পারে যে, নতুন মৌল আবিষ্কারের সমস্ত অবিশ্বাসযোগ্য ঘটনার মধ্যে এটাই ছিল সবচেয়ে বিশ্বাসযোগ্য। 75 নং মৌলটির ইতিহাস 50 বছর আগের থেকে আরম্ভ করা যেতে পারতো, এই সম্ভাবনাও সমান মাত্রায় সম্ভব ছিল।

ঘটনাটি এই রকম ছিল: 1877 সালে "ডেভিয়াম" নামে একটা নতুন ধাতব মৌল আবিষ্কারের বিবরণ প্রকাশিত হয়। "ডেভিয়াম" নামটা এইচ. ডেভির নামানুসারে হয়েছিল। বিবরণটি দারুণ কৌতূহলের সৃষ্টি করেছিল এবং রাশিয়ান কেমিক্যাল সোসাইটির অধিবেশনে এস. এফ. কের্ন কে বিবরণ পেশ করতে অনুরোধ জানাবার পরামর্শ দেন মেণ্ডেলেয়েভ। হাইডেলবার্গে অবস্থিত বুনসেন গবেষণাগারের বিজ্ঞানীরা কের্নের ফলাফলটা গভীরভাবে খতিয়ে দেখতে মনঃস্থ করেন। পরে দুজন বা তিনজন বিজ্ঞানী তাঁর ফলাফল সমর্থন করেন। সবচেয়ে বিস্ময়কর ব্যাপার হলো এই যে, এটির কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া পরে রেনিয়ামের বিক্রিয়ার সঙ্গে মিলে গিয়েছিল বলে প্রমাণিত হয়। ডেভিয়াম এবং রেনিয়াম যে অভিন্ন মৌল ছিল এটা কি তা দেখাচ্ছে না?

যে কোন কারণেই হোক না কেন, এস. এফ. কের্ন তাঁর আবিষ্কারের ব্যাপারে আগ্রহ হারিয়ে ফেলেন এবং 1878 খ্রিস্টাব্দের পরে আর এ সমস্যায় কখনও ফিরে আসেননি। প্ল্যাটিনাম আকরিক থেকে তিনি মৌলটি নিষ্কাশিত করেন, আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গীতে যেটি অসম্ভব ছিল (জ্ ভ্যাজিণ্ট্‌সেভের 1926 সালের কাজিট স্মরণ করুন)। যাহোক, এটা সত্যি যে, প্ল্যাটিনাম আকরিকগুলি জটিল এবং উপাদানের গঠন নানা প্রকার ছিল।

ইউরেলিয়ান আকরিকে রেনিয়াম থাকে না, কিন্তু অন্যান্য জায়গার সঞ্চয়ে এই আকরিকে রেনিয়ামের কণা-পরিমাণে উপস্থিতিটা প্রমাণিত হয়েছে।

বোর্নিও থেকে পাওয়া প্ল্যাটিনামের একটি বিরল খনিজ নিয়ে এস. এফ. কের্ন গবেষণা করেছিলেন, বোর্নিওর যে খনিটি ইতিমধ্যে পরিত্যক্ত হয়েছিল। বিংশ শতাব্দীর শুরুতে রাশিয়ান রসায়নবিদ জি. চের্নিক (G. Chernik) এই দ্বীপে কাজ করেছিলেন। প্ল্যাটিনাম আকরিকগুলি বিশ্লেষণ করে তিনি লক্ষ্য করেন যে, সমস্ত নমুনা থেকে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ হারিয়ে যায় এবং অজানা মৌলের উপস্থিতি দ্বারা এটি ব্যাখ্যা করতে চেষ্টা করেন। এই মৌলটিই কের্নর "ডেভিয়াম" মৌল, খুব সম্ভবত হতে পারে।

1950 খ্রিস্টাব্দে ওয়াই, ড্রুস (Druce) ডেভিয়াম সম্বন্ধে একটি বিরাট প্রবন্ধ লেখেন। তিনি লিখেছিলেন যে, প্ল্যাটিনাম খনিজে যদি রেনিয়াম আবিষ্কৃত হয়, তবে এটি কের্নের আবিষ্কারটিকে সমর্থন করে। বোর্নিও থেকে পাওয়া প্ল্যাটিনাম আকরিক এখন পৃথিবীর কয়েকটি যাদুঘরে মাত্র পাওয়া যায়। এগুলিকে ব্যাপকভাবে বিশ্লেষণটি আগ্রহের ব্যাপার হতে পারে। এটি এমন একটি ঘটনা যেখানে রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসটি আংশিক পরিবর্তন করা যেতে পারতো।

অধ্যায় 11

তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহ

ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়াম — এই দুটি প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসটি আমরা অধ্যায় 4-এ আগেই আলোচনা করেছি। খনিজে এই মৌল দুটির পরিমাণ বেশ বেশী থাকায় রাসায়নিক বিশ্লেষণের দ্বারা মোটামুটি সহজে এদুটিকে খনিজ থেকে প্রস্তুত করা যায়। অন্যান্য প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি (পোলোনিয়াম, র‍্যাডন, রেডিয়াম, অ্যাক্টিনিয়াম এবং প্রোট্যাক্টিনিয়াম) পৃথিবীতে প্রাপ্তির দিক থেকে বিরলতম মৌলের অন্যতম। এ ছাড়াও, প্রকৃতিতে এগুলি বিদ্যমান আছে তার একমাত্র কারণ হলো এই যে, ইউরেনিয়াম ও থোরিয়ামে তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের ফলে এগুলি সৃষ্টি হয়।

এই মৌলগুলি পর্যায় সারণীর শেষের দিকে আছে এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণ বা বর্ণালি বিশ্লেষণ কৌশল দ্বারা এগুলিকে সনাক্ত করা যায় না ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়ামের সমস্ত খনিজে এগুলিকে পাওয়া যায়। কিন্তু একবারের জন্যেও বিজ্ঞানীরা সন্দেহ করতে পারেন নি যে ইউরেনিয়াম ও থোরিয়ামে অশুদ্ধি আছে। অবশ্য, অশুদ্ধি সব সময় থাকে, কিন্তু তুলাযন্ত্রের পাল্লাকে নড়াতে বা বর্ণালির নতুন রেখা দেওয়ার পক্ষে তা যথেষ্ট নয়।

তেজস্ক্রিয়তা নামে নতুন এক ভৌত প্রক্রিয়া বিজ্ঞানীদের এমন একটি পদ্ধতি উপহার দিয়েছিল, যার দ্বারা পদার্থের ধর্ম ও গঠন সম্বন্ধে আমাদের জ্ঞানকে যথেষ্ট বাড়াতে সাহায্য করেছিল এবং এটি পর্যায় সারণীতে যথেষ্ট সংখ্যায় রাসায়নিক মৌল বাড়াতেও সাহায্য করেছিল। তেজস্ক্রিয়তা সম্বন্ধে গবেষণায় প্রাথমিক অবস্থায় তিন ধরনের বিকিরণ জানা ছিল: আল্‌ফা রশ্মি (দুটি ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট হিলিয়াম পরমাণুর কেন্দ্রীণের স্রোত), বেটা রশ্মি (একক ঋণাত্মক আধান বিশিষ্ট ইলেক্ট্রনের স্রোত) এবং গামা রশ্মি (এটি আসলে এক্স-রশ্মির অনুরূপ)।

প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় মৌলকে তার অর্ধজীবনকাল দিয়ে বর্ণনা করা হয়। তারমানে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের প্রাথমিক গাঢ়ত্ব থেকে বিকিরণের ফলে তার অর্ধেক গাঢ়ত্বে পৌঁছাতে যে সময় লাগে তাকেই অর্ধ-জীবনকাল বলে।

পোলোনিয়াম

তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতির দ্বারা প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয় পোলোনিয়াম। 1870 খ্রিস্টাব্দেই দ. আই. মেন্ডেলেয়েভ পোলোনিয়ামের প্রধান ধর্ম সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। তিনি লিখেছিলেন, "ভারী ধাতুগুলির মধ্যে টেলুরিয়ামের সদৃশ একটি মৌলকে আমরা আশা করতে পারি, যেটির পারমাণবিক গুরুত্ব বিসমাথের থেকে বেশী। এটির ধাতব ধর্ম থাকা উচিত এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের ন্যায় ধর্ম ও গঠন বিশিষ্ট অ্যাসিড মৌলটি থেকে পাওয়া যাবে এবং যে অ্যাসিডটির জারণ ক্ষমতা টেলুরিক অ্যাসিড থেকে বেশী হবে...। RO_2 অক্সাইডটির আম্লীক ধর্ম আশা করা যায় না, যদিও টেলুরাস অ্যাসিডের আম্লীক ধর্ম আছে। মৌলটি জৈব-ধাতব যৌগ উৎপন্ন করবে, কিন্তু কোন হাইড্রোজেন যৌগ উৎপন্ন করবে না ... ।"

উনিশ বছর অতিবাহিত হয়েছিল এবং দ্বি-টেলুরিয়াম (অজ্ঞাত মৌলটির তিনি যে নাম দিয়েছিলেন) সম্বন্ধে বর্ণনায় মেন্ডেলেয়েভ উল্লেখযোগ্য সংযোজন করেছিলেন। নিম্নলিখিত ধর্মগুলি তিনি ভবিষ্যদ্বাণী করেন: আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর 212; DtO_3 বিশিষ্ট অক্সাইড গঠন করবে, মুক্ত অবস্থায় মৌলটি কম গলনাঙ্কের অনুদ্বায়ী ও ধূসর বর্ণের কেলাসিত ধাতব পদার্থ, যার ঘনত্ব 9·8; ধাতুটি সহজে DtO_2 তে জারিত হয়; মৃদু আম্লীক এবং ক্ষারকীয় ধর্ম অক্সাইডটির হবে, মৌলটির হাইড্রাইড যৌগ যদি পাওয়া যায়, তবে তা অবশ্যই অস্থায়ী যৌগ হবে; ধাতুটি অন্যান্য ধাতুর সঙ্গে সঙ্কর ধাতু উৎপন্ন করবে।

এরপর পাঠকগণ নিজেরাই দেখবেন যে, টেলুরিয়ামের সদৃশ ভারী মৌলটির ধর্ম সম্বন্ধে মেন্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণীগুলি কত নিখুঁত ছিল। পোলোনিয়ামের ইতিহাসের ক্ষেত্রে এইসব ভবিষ্যদ্বাণীর কেবলমাত্র একটা পরোক্ষ প্রভাব থেকে থাকতে পারে। তেজস্ক্রিয়তার বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে

পোলোনিয়ামের (পরে রেডিয়ামের) আবিষ্কারটি একটি উল্লেখযোগ্য দিকচিহ্ন হিসেবে প্রমাণিত হয়েছে এবং এটির ক্রমোন্নতিতে যথেষ্ট প্রেরণা জুগিয়ে ছিল।

মেরি কুরি (Marie Curie) এবং পিয়েরে কুরি (Pierre Curie) র গবেষণাগারের লগ-বই থেকে যে কেউ দেখতে পারেন যে 1897 খ্রিস্টাব্দে 16 ডিসেম্বর তাঁরা বেক্উয়েরেল রশ্মি (Becqurel rays) বা ইউরেনিয়াম রশ্মি সম্বন্ধে গবেষণা শুরু করেন। প্রথমে গবেষণাটি মেরি নিজেই একা আরম্ভ করেন এবং এর পর 1898 সালের 5 ফেব্রুয়ারী পিয়েরে তাঁর সঙ্গে যোগ দেন। পিয়েরে মাপজোখ এবং ফলাফল গণনা করতেন। নানা রকম ইউরেনিয়াম খনিজ, লবণ, এমনকি ধাতব ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয় বিকিরণের তীব্রতা ব্যাপক গবেষণার ফলাফলটি ইঙ্গিত দেয় যে, ইউরেনিয়াম যৌগের তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম সবচেয়ে কম। ধাতব ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা এর থেকে বেশী এবং পিচব্লেন্ড নামে ইউরেনিয়াম আকরিকটির তেজস্ক্রিয়তা সবচেয়ে বেশী। এই ফলাফল থেকে স্পষ্ট বোঝা যায় যে সম্ভবত পিচব্লেণ্ডে এমন একটি মৌল আছে যার তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়ামের থেকে অনেক অনেক বেশী।

1898 খ্রিস্টাব্দে 12 এপ্রিল প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসের সভায় কুরিদম্পতি এই প্রকল্পের বিবরণটি পেশ করেন। 14 এপ্রিল জি. বেমণ্ট (G. Bemont) নামে এক রসায়নবিদের সাহায্যে কুরিরা এই অজ্ঞাত মৌলটির সন্ধানে গবেষণা আরম্ভ করেন। জুলাইয়ের মাঝামাঝি সময় তাঁরা পিচব্লেণ্ড বিশ্লেষণের কাজটি শেষ করে ফেলেন। আকরিক থেকে ক্রমান্বয়ে পাওয়া প্রত্যেকটি পদার্থের তেজস্ক্রিয়তা তাঁরা অত্যন্ত যত্ন সহকারে পরিমাপ করেন। বিসমাথ লবণে অবস্থিত অংশটির প্রতি তাদের দৃষ্টি গিয়ে পড়ল। এই অংশ থেকে বিকিরিত রশ্মির তীব্রতা ধাতব ইউরেনিয়াম থেকে বিকিরিত রশ্মির তীব্রতা থেকে প্রায় 400 গুণ বেশী। অজ্ঞাত মৌলটি যদি সত্যি থেকে থাকে তবে এটিকে এই অংশে থাকতেই হবে।

অবশেষে, 18 জুলাই মেরি এবং পিয়েরে কুরি প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসের এক সভায় "পিচব্লেণ্ডে অবস্থিত একটি নতুন তেজস্ক্রিয় পদার্থ সম্বন্ধে" (On a new radioactive substance contained in pitchblende) শিরোনামে একটি বিবৃতি দেন। তাঁরা ঘোষণা করেন যে অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় গুণসম্পন্ন একটি ধাতুর গন্ধক যৌগটি তাঁরা পিচব্লেণ্ড থেকে নিষ্কাশন করতে সক্ষম হয়েছেন, যে ধাতুটি পূর্বে অজ্ঞাত ছিল।

এটির বৈশ্লেষিক ধর্ম অনুযায়ী এই মৌলটি বিসমাথের প্রতিবেশী মৌল ছিল। কুরিরা প্রস্তাব করেছিলেন যে, আবিষ্কারটি যদি প্রমাণিত হয়, তবে পোলাণ্ডের সম্মানার্থে নতুন মৌলটির নামকরণ করা হয় যেন পোলোনিয়াম। পোলাণ্ডে মেরি কুরি জন্মেছিলেন এবং বড় হয়েছিলেন।

গবেষণার নতুন পদ্ধতির সাহায্যে মৌল আবিষ্কৃত হয়েছে বলে বিজ্ঞানীরা দৃঢ়মত প্রকাশ করেন ("তেজস্ক্রিয়তা" (radioactivity) শব্দটা প্রথম এই বিবরণে ঢোকানো হয়, যেটি পরে প্রচলিত নিয়মে দাঁড়িয়ে গিয়েছে)।

যে-সকল মৌলকে দেখা যায় না, অনুভব করা যায় না বা ওজন করা যায় না, এমন মৌলের প্রাকৃতিক বস্তুতে উপস্থিতিটা উদ্ঘাটন করা সম্ভব হয়েছিল, বর্ণালি বিশ্লেষণ পদ্ধতির প্রবর্তনের ফলে। এবারে ইতিহাস পুনরাবৃত্ত হয়, কিন্তু নির্দেশকের ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল তেজস্ক্রিয় বিকিরণ, যেটি তেজস্ক্রিয়মিতি প্রকৌশল দ্বারা পরিমাপ করা হয়। যাহোক, কুরিদের ফলাফলটা একদম নির্ভুল ছিল না। পোলোনিয়াম এবং বিসমাথের মধ্যে রাসায়নিক সাদৃশ্য সম্বন্ধে বলাটা তাঁদের ভুল হয়েছিল। এমনকি, পর্যায় সারণীর দিকে একবার দৃষ্টি দিলেই বোঝা যায় যে, বিসমাথের অনুরূপ ভারী মৌল হওয়াটা খুবই অসম্ভব। কিন্তু ভুললে চলবে না যে, কুরিরা বিশুদ্ধ ধাতুটি নিষ্কাশন করতে পারেননি; পারেন নি ধাতুটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় করতে; এমনকি পোলোনিয়াম এবং বিসমাথের বর্ণালির পার্থক্য পর্যন্ত লক্ষ্য করতে পারেননি। এই কারণে, তাঁরা পোলোনিয়াম এবং টেলুরিয়ামের মধ্যে সম্ভাব্য সাদৃশ্যটি উপেক্ষা করেছিলেন।

অতএব, 1898 খ্রিস্টাব্দের 18 জুলাই তারিখটিকে কেবলমাত্র পোলোনিয়ামের প্রাথমিক আবিষ্কারের দিন হিসেবে আমরা মনে করতে পারি, কারণ আবিষ্কারটিকে বাস্তবায়িত করতে অনেক সময় লেগেছিল। পোলোনিয়াম থেকে বিকিরিত অতি প্রবল বিকিরণের দরুণ এটিকে নিয়ে গবেষণায় অনেক অসুবিধে ছিল। এই বিকিরণে কেবলমাত্র আলফা রশ্মি থাকে, বেটা বা গামা রশ্মি থাকে না। একটি অদ্ভুত ব্যাপার লক্ষ্য করা গিয়েছিল যে, সময়ের সঙ্গে পোলোনিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা কমতে থাকে এবং কমাটা বেশ লক্ষণীয় ছিল। থোরিয়াম বা ইউরেনিয়ামের, এ ধরনের আচরণ লক্ষ্য করা যায় না। এই কারণে, পোলোনিয়াম আদতে উপস্থিত আছে কিনা, সে সম্বন্ধে কোনও কোনও বিজ্ঞানী সন্দেহ প্রকাশ করেন। সন্দেহপ্রবণ ব্যক্তিরা বলেছিলেন যে, এটি হলো অল্প তেজস্ক্রিয় পদার্থ মিশ্রিত সাধারণ বিসমাথ মাত্র।

1902 খ্রিস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ ডবলু. মার্কওয়াল্ড (W. Mark-wald) দু'টন ইউরেনিয়াম আকরিক থেকে বিসমাথ-অংশটি নিষ্কাশিত করেন। বিসমাথ ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে তিনি একটি বিসমাথ দণ্ড প্রবেশ করান এবং অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় গুণ সম্পন্ন পদার্থ এটির ওপর অধঃক্ষিপ্ত হতে লক্ষ্য করেন, যেটিকে তিনি নতুন মৌল হিসেবে ধরে নামকরণ করেন তেজস্ক্রিয় টেলুরিয়াম (রেডিয়োটেলুরিয়াম)। পরে স্মৃতিচারণে তিনি বলেছিলেন, "সাময়িক ভাবে কেবলমাত্র আমি এই মৌলটির নামকরণ করি তেজস্ক্রিয় টেলুরিয়াম, কারণ, ষষ্ঠশ্রেণীতে তখনও ফাঁকা থাকা ঘরে এই মৌলটি রাখার জন্যে, এই মৌলটির সমস্ত রাসায়নিক ধর্ম নির্দেশিত করে। ঐ মৌলটির পারমাণবিক ভরটি বিসমাথের ভরের থেকে কিছু বেশী...। মৌলটি বিসমাথের থেকে বেশী তড়িৎ ঋনাত্মক; কিন্তু টেলুরিয়ামের থেকে বেশী তড়িৎ ধনাত্মক; এটির অক্সাইডটির আম্লীক ধর্মের চেয়ে ক্ষারকীয়তা ধর্ম বেশী হওয়া উচিত। এগুলি সবই হলো তেজস্ক্রিয় টেলুরিয়ামের বিষয়...। এই বস্তুটির প্রত্যাশিত পারমাণবিক ভর ছিল 210।"* পরে তিনি বলেছিলেন যে, পর্যায় সারণীটিকে বিশ্লেষণ করার সময়, পোলোনিয়ামকে নিষ্কাশন করার অভিপ্রায়টি তাঁর হয়েছিল।

পূর্বে আবিষ্কৃত পোলোনিয়ামকে, একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌলের মিশ্রণ বলে তাড়াতাড়ি ঘোষণা করেন মার্কওয়াল্ড। এই ঘোষণা পোলোনিয়াম এবং তেজস্ক্রিয় টেলুরিয়ামের প্রকৃত স্বরূপ নিয়ে তুমুল আলোচনার সূত্রপাত করে। বেশীভাগ বিজ্ঞানী কুরিদের সমর্থন করেন। পরে দুটি মৌলের মধ্যে তুলনা করায় এদুটির প্রকৃত স্বরূপটি উদঘাটিত হয়। আবিষ্কারটি কুরিদের সপক্ষে যায় এবং "পোলোনিয়াম" নামটা থেকে যায়।

পোলোনিয়াম যদিও প্রাকৃতিক নতুন তেজস্ক্রিয় মৌলদের মধ্যে প্রথম ছিল, কিন্তু এটির Po সংকেতটি পর্যায় সারণীর সঠিক ঘরে দেখা যায়নি। মৌলটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় করা খুব কঠিন ছিল। 1910 খ্রিস্টাব্দে পোলোনিয়ামের বর্ণালির রেখাগুলি আস্থা সহকারে সনাক্ত করা হয়। মাত্র 1912 খ্রিস্টাব্দে, Po সংকেতটি পর্যায় সারণীতে যথাস্থানে দেখা যায়।

প্রায় অর্ধ শতাব্দী ধরে, বিজ্ঞানীদের পোলোনিয়াম যৌগ (সাধারণভাবে খুব কম পরিমাণে) নিয়েই গবেষণায় সন্তুষ্ট থাকতে হয়েছিল। 1946

---

* Cited from A. N. Vyaltsev, A. N. Krivomazov, D. N. Trifonov, Displacement Law and Isotopy, Moscow, 1976 (in Russian).

খ্রিস্টাব্দে বিশুদ্ধ ধাতুটি প্রস্তুত করা হয়। নির্বাত ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা প্রস্তুত ধাতব পোলোনিয়ামের অধিক ঘনত্ব বিশিষ্ট স্তরটির রূপোর ন্যায় বর্ণ হয়। পোলোনিয়াম হলো কম গলনাঙ্কের নমনীয় ধাতু (গলনাঙ্ক 254°C, স্ফুটনাঙ্ক 962°C), এটির ঘনত্ব প্রায় 9·3 গ্রাম/সিসি। পোলোনিয়ামকে বাতাসে উত্তপ্ত করলে তা সহজে স্থায়ী অক্সাইড উৎপন্ন করে; অক্সাইডটির ক্ষারকীয়তা এবং আম্লীক ধর্মের প্রকাশ সামান্যই দেখা যায়। পোলোনিয়াম হাইড্রাইডটি অস্থায়ী। পোলোনিয়াম জৈব ধাতুর যৌগ উৎপন্ন করে এবং অনেক ধাতুর (Pb, Hg, Ca, Zn,Na, Pt, Ag, Ni, Be) সঙ্গে সঙ্কর ধাতু প্রস্তুত করে। আমরা যখন মেন্ডেলেয়েভের ভবিষ্যদ্বাণীর সঙ্গে মৌলটির এই সকল ধর্মের তুলনা করবো তখন আমরা দেখবো, সেইগুলি সত্যের কত কাছাকাছি ছিল।

রেডিয়াম

পিচব্লেন্ডকে বিশ্লেষণ কালে কুরিদম্পতি এবং জি. বেমণ্ট (G. Bemont) লক্ষ্য করেন যে, বিসমাথ অংশ ছাড়াও অধিক তেজস্ক্রিয়তা সম্পন্ন আর একটি অংশ ছিল। পোলোনিয়ামকে নিষ্কাশন করতে সফল হওয়ার পর, দ্বিতীয় অংশটিকে তাঁরা বিশ্লেষণ করতে শুরু করেন, এই চিন্তা করে যে, তখনও অজানা তেজস্ক্রিয় মৌলকে তাঁরা আবিষ্কার করতে পারেন।

ল্যাটিন শব্দ "radius" মানে রশ্মি, থেকে নতুন মৌলটির নামকরণ হয় রেডিয়াম। রেডিয়ামের জন্মদিন ছিল 1898 খ্রিস্টাব্দের 26 ডিসেম্বর। "পিচব্লেন্ডে অবস্থিত অত্যন্ত তেজস্ক্রিয়তা সম্পন্ন নতুন মৌল সম্বন্ধে" (On a new higtly radioactive substance contained in pitchblende) শীর্ষক একটি বিবরণ সম্বন্ধে প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সেসের সদস্যগণ অবগত হন। গবেষকদের বিবরণে প্রকাশ পায় যে, ইউরেনিয়াম আকরিকের অবশেষ থেকে তাঁরা একটি পদার্থ নিষ্কাশনে সক্ষম হয়েছেন, যাতে একটি নতুন মৌল আছে এবং ঐ মৌলটির ধর্মগুলির বেরিয়ামের ধর্মের সঙ্গে প্রচুর সাদৃশ্য আছে। বেরিয়াম ক্লোরাইডে উপস্থিত রেডিয়ামের পরিমাণটি তার বর্ণালিটি লিপিবদ্ধ করার পক্ষে যথেষ্ট ছিল বলে প্রমাণিত হয়। এটা করেছিলেন বিখ্যাত ফরাসী বর্ণালি বিশ্লেষক ই. ডিমার্কাই (E. Demarcay), যিনি নিষ্কাশিত পদার্থটির বর্ণালিতে নতুন একটি রেখা লক্ষ্য করেছিলেন। এইভাবে, দুটি পদ্ধতি — তেজস্ক্রিয়মিতি এবং

বর্ণালিবীক্ষণ প্রায় একই সঙ্গে নতুন তেজস্ক্রিয় পদার্থটির উপস্থিতি প্রতিপন্ন করে।

নানান কারণে, প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলগুলির (অবশ্য থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়াম বাদে) মধ্যে রেডিয়ামের অর্ধজীবনটি দেখা গিয়েছিল বেশ দীর্ঘ, প্রায় 1600 বছর। ইউরেনিয়ামের আকরিকগুলিতে রেডিয়ামের পরিমাণটি পোলোনিয়ামের পরিমাণের থেকে অনেক বেশী ছিল (4300 গুণ বেশী); এটি রেডিয়ামের প্রাকৃতিক সঞ্চয়ে অংশ নিয়েছিল। এছাড়াও, রেডিয়ামের আলফা বিকিরণের তীব্রতা যথেষ্ট বেশী হওয়ায়, নানাবিধ রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় এটির আচরণটি সহজে কাজে লাগানো যায়। সবশেষে, রেডিয়ামের এক বিশেষ বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, এটির থেকে তেজস্ক্রিয় গ্যাস নির্গত হয়, যাকে প্রসর্গ বলে (২১২ পৃষ্ঠা দেখুন)। রেডিয়ামের ধর্মের উপযুক্ত সংমিশ্রণের ফলে, রেডিয়াম গবেষণার একটি সুবিধেজনক বিষয় ছিল এবং তেজস্ক্রিয় মৌলের (আবার, ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়াম ব্যতীত) মধ্যে রেডিয়াম হলো প্রথম মৌল, যেটি পর্যায় সারণীতে স্থায়ী জায়গা করে নিতে বেশী দেরী করেনি। প্রথমত, রেডিয়ামের রাসায়নিক এবং বর্ণালি গবেষণায় দেখানো যায় যে, এটি সর্ব বিষয়ে ক্ষারীয় মৃত্তিকা উপশ্রেণীর সদস্য; দ্বিতীয়ত, এটির আপেক্ষিক পারমাণবিক ভরটি যথেষ্ট নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়। এটি করতে যথেষ্ট পরিমাণে রেডিয়াম প্রস্তুত করা প্রয়োজন। বোহেমিয়ান খনি থেকে প্রাপ্ত ইউরেনিয়াম আকরিকের অবশেষ নিয়ে কুরিরা তাঁদের সরঞ্জামহীন গবেষণাগারে 45 মাস ধরে বিরামহীন কাজ করেছিলেন। তাঁরা 10000 বার আংশিক কেলাসন করেন এবং অবশেষে অমূল্য পুরস্কার — 0.1 গ্রাম রেডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করেন। বিজ্ঞানের ইতিহাসে মহান উদ্যমের এমন উদাহরণ আর জানা নেই। এই পরিমাণটি পরিমাপের পক্ষে যথেষ্ট এবং 28 মার্চ, 1902, রেডিয়ামের পারমাণবিক ভর 225.9 (যেটির বর্তমান মান 226.02 থেকে বেশী পার্থক্য ছিলনা) বলে মেরি কুরি বিবরণ পেশ করেন। পর্যায় সারণীতে রেডিয়ামের প্রস্তাবিত অবস্থানের পক্ষে এই মানটি ঠিক উপযুক্ত ছিল।

তেজস্ক্রিয় মৌলের অভিযুক্ত আবিষ্কারগুলির মধ্যে কেবল রেডিয়ামের আবিষ্কারটি প্রতিপন্ন করা গিয়েছিল। ঐ সকল অভিযুক্ত আবিষ্কারগুলি প্রায় সঙ্গে সঙ্গে হয়েছিল। প্রতি বছর নতুন অনেক আবিষ্কারের বিবরণ বিবৃত করা হয়েছিল। তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে রেডিয়ামকেই ধাতব অবস্থাতেও প্রথম প্রস্তুত করা হয়।

মেরি কুরি এবং তাঁর সহ গবেষক এ. ডেবিয়েনে (A. Debierne) 0·106 গ্রাম রেডিয়াম ক্লোরাইড বিশিষ্ট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করেন। পারদসঙ্কর হিসেবে, পারদ-ক্যাথোডে রেডিয়াম সঞ্চিত হয়। পারদ-সঙ্করটিকে লোহার পাত্রে নিয়ে হাইড্রোজেন প্রবাহিত করা হয় এবং উত্তপ্ত করা হয়। এতে সঙ্করধাতু থেকে পারদ মুক্ত হয় এবং পাত্রের তলায় রুপোর ন্যায় সাদা চকচকে ধাতুর দানা পাওয়া যায়।

রেডিয়ামের আবিষ্কারটি বিজ্ঞানের একটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য সাফল্যের অন্যতম ছিল। পদার্থের ধর্ম ও গঠনের ব্যাপারে আমাদের জ্ঞানের মৌলিক পরিবর্তনে, রেডিয়ামের গবেষণার অনেক অবদান ছিল এবং এর থেকে পারমাণবিক শক্তির ধারণাটি উদ্ভূত হয়। অবশেষে, তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে, বাস্তব ক্ষেত্রে প্রথম প্রয়োগ করা হয় রেডিয়ামকে (যেমন, ওষুধে)।

অ্যাক্টিনিয়াম

তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে পোলোনিয়াম এবং রেডিয়ামের আবিষ্কার কি কেবলমাত্র এক অপ্রত্যাশিত ঘটনা ছিল? আপাতদৃষ্টে, উত্তরটি নেতিবাচক। রেডিয়ামের দীর্ঘ অর্ধজীবনের জন্যে, এটি ইউরেনিয়াম খনিজে সঞ্চিত হতে পারে। পোলোনিয়ামের অর্ধজীবন ছোট (মাত্র 138 দিন), কিন্তু এটি উচ্চ তীব্রতাসম্পন্ন আলফা রশ্মি বিকিরণ করে। পোলোনিয়ামের আবিষ্কারে বিতর্কের সৃষ্টি হয়েছিল, কিন্তু তা শীঘ্রই শেষ হয়ে যায়।

অ্যাক্টিনিয়ামের আবিষ্কারটি ছিল তেজস্ক্রিয়তার নব্য বিজ্ঞানের তৃতীয় সাফল্য। রেডিয়াম আবিষ্কার করার পর, কুরিরা পরমর্শ দিয়েছিলেন যে, তখনও অজানা অন্যান্য তেজস্ক্রিয় মৌল ইউরেনিয়াম আকরিকে থাকতে পারে। এই ধারণাটিকে সত্য বলে প্রতিপন্ন করার জন্যে তাঁরা তাঁদের সহ-গবেষক এ. ডেবিয়েনের ওপর ভার দেন।

ডেবিয়েনে কয়েক শো কিলোগ্রাম ইউরেনিয়াম আকরিক নিয়ে কাজ শুরু করেন এবং এটির থেকে "সক্রিয় পদার্থটি" নিষ্কাশিত করেন। ইউরেনিয়াম, রেডিয়াম এবং পোলোনিয়ামকে নিষ্কাশিত করার পর তিনি অল্প পরিমাণ পদার্থ পেয়েছিলেন, যেটির সক্রিয়তা ইউরেনিয়ামের সক্রিয়তার থেকে অনেক অনেক বেশী ছিল (আনুমানিক, 100000 গুণ)। প্রথমে ডেবিয়েনে মনে করেন যে, টাইটেনিয়ামের রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে নএই অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় বস্তুটির ধর্মের অনেক সাদৃশ্য ছিল। পরে তিনি

নিজেকে সংশোধন করে নিয়ে, থোরিয়ামের সঙ্গে সাদৃশ্য আছে বলে মত প্রকাশ করেন। পরে, 1899 খ্রিস্টাব্দের বসন্ত কালে নতুন মৌলের আবিষ্কারের কথা তিনি ঘোষণা করেন এবং এটির নামকরণ করেন অ্যাক্টিনিয়াম (গ্রীক ভাষায় যার মানে বিকিরণ)।

যে কোন পাঠ্য বইয়ে, তথ্য সম্বলিত বইয়ে বা বিশ্বকোষে 1899 সালটি অ্যাক্টিনিয়ামের আবিষ্কারের দিন হিসেবে দেওয়া আছে। কিন্তু সত্যি বলতে কি, 1899 সালে ডেবিয়েৰ্নে একটি নতুন তেজস্ক্রিয় মৌল — অ্যাক্টিনিয়াম আবিষ্কার করেন, এটা বলার মানে অসঙ্গতির অত্যন্ত উল্লেখযোগ্য নজীরকে অগ্রাহ্য করা।

প্রকৃত অ্যাক্টিনিয়ামের সঙ্গে থোরিয়ামের খুব কমই মিল আছে, কিন্তু ডেবিয়েৰ্নে কর্তৃক অ্যাক্টিনিয়াম আবিষ্কারের বিরুদ্ধে এই রাসায়নিক বৈসাদৃশ্যকে প্রমাণ হিসেবে আমরা মনে করি না। প্রধান যুক্তিটা এই রকম ছিল: ডেবিয়েৰ্নে বিশ্বাস করতেন যে, অ্যাক্টিনিয়াম হলো আলফা-বিকিরক পদার্থ এবং এটির সক্রিয়তা ইউরেনিয়ামের থেকে 100000 গুণ বেশী ছিল। এখন আমরা জানি যে, অ্যাক্টিনিয়াম হলো মৃদু বেটা-বিকিরক পদার্থ। তার মানে, মোটামুটি কম শক্তি সম্পন্ন বেটা রশ্মি এটা বিকিরিত করে, যেটি এমন নয় যে সহজে সনাক্ত করা যায়। ডেবিয়েৰ্নের সেকেলে তেজস্ক্রিয়মিতি যন্ত্রটি, অবশ্যই এটি করতে সক্ষম ছিল না।

অতঃপর ডেবিয়েৰ্নে তাহলে কী আবিষ্কার করেছিলেন? অ্যাক্টিনিয়াম সমেত একাধিক তেজস্ক্রিয় পদার্থের জটিল মিশ্রণ ছিল এটি। অ্যাক্টিনিয়ামের তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের ফলে উৎপন্ন আলফা রশ্মি বিকিরক পদার্থের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যাক্টিনিয়ামের দুর্বল বেটা রশ্মি বিকিরণের পার্থক্য করাটা সম্পূর্ণ অসম্ভব ছিল। তেজস্ক্রিয় পদার্থের এই মিশ্রণ থেকে প্রকৃত অ্যাক্টিনিয়ামকে নিষ্কাশন করতে বেশ কয়েক বছর লেগেছিল।

1911 খ্রিস্টাব্দে, বিশিষ্ট ইংরেজ তেজস্ক্রিয়-রসায়নবিদ এফ. সডি (F. Soddy) "কেমিষ্ট্রি অব রেডিয়োঅ্যাক্টিভ এলিমেণ্টস" (Cemistry of Radioactive Elements) নামে একটি বই প্রকাশ করেন, যেখানে অ্যাক্টিনিয়ামকে প্রায় সম্পূর্ণ অজানা মৌল বলে তিনি বর্ণনা করেন। তিনি লিখেছিলেন যে এটির পারমাণবিক ওজনটি অজানা ছিল, গড় আয়ু বা জীবন কালটিও অজানা ছিল। এটি কোন রশ্মি বিকিরিত করে না (এটার থেকে বোঝা যায় যে অ্যাক্টিনিয়ামের বেটা রশ্মি বিকিরণটি সনাক্ত করা কত

কঠিন ছিল), এটির সৃষ্টিকারী পদার্থটিও অজ্ঞাত ছিল। এক কথায়, অ্যাক্টিনিয়াম সম্বন্ধে বেশীর ভাগ তথ্যই তখনও অস্পষ্ট ছিল।

অ্যাক্টিনিয়াম আবিষ্কার সম্বন্ধে ডেবিয়ের্নে কর্তৃক উপস্থাপিত প্রমাণটি তাঁর সমসাময়িকদের কাছে উপযুক্ত বলে মনে হয়নি। এটিতে অবাক হবার কিছু নেই যে, অচিরেই অন্য বিজ্ঞানী — জার্মান রসায়নবিদ এফ. গিয়েসেল (F. Giesel) নতুন একটি তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করেছেন বলে দাবী করেন। তিনি একটি বিশেষ তেজস্ক্রিয় পদার্থও নিষ্কাশিত করেন, যে মৌলটির ধর্ম বিরলমৃত্তিকা মৌলের অনুরূপ ছিল। আমাদের বর্তমান জ্ঞানের আলোয় এই ঘটনাটি সত্যের অনেক কাছাকাছি ছিল। গিয়েসেল এই নতুন মৌলটির নাম দেন এমানিয়াম, কারণ একটি তেজস্ক্রিয় গ্যাস এটি থেকে নির্গত হয়, যাকে প্রসর্গ বলে এবং সেটি জিংক সালফাইডের পর্দাকে প্রদীপ্ত করে তোলে। তেজস্ক্রিয় টেলুরিয়াম এবং পোলোনিয়ামের মধ্যে বিরোধের ন্যায় অ্যাক্টিনিয়াম এবং এমানিয়ামের সমর্থকদের মধ্যে মতবিরোধ দেখা দিয়েছিল। প্রাসঙ্গিক মৌলদের মধ্যে স্বরূপগুলি প্রমাণিত হলে প্রথম বিরোধের নিষ্পত্তি ঘটে। দ্বিতীয় বিরোধটি অনেক বেশী জটিল ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল এবং তাড়াতাড়ি সেটির নিষ্পত্তি করা যায় নি। কারণ তৃতীয় এক নতুন তেজস্ক্রিয় মৌলের আচরণটিও খামখেয়ালী ছিল। অ্যাক্টিনিয়ামের আবিষ্কারক হিসেবে ডেবিয়ের্নের নামটি ইতিহাসের পাতায় চলে গিয়েছিল। যাহোক, পরে যা দেখা যায়, তাতে গিয়েসেল কর্তৃক নিষ্কাশিত পদার্থটিতে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বিশুদ্ধ অ্যাক্টিনিয়াম ছিল। অনেক বিজ্ঞানী বিশ্বাস করতেন যে অ্যাক্টিনিয়াম এবং এমানিয়ামের স্বরূপটি তাঁরা প্রমাণিত করেছিলেন। কালক্রমে, বিরোধটি ঢাকা পড়ে যায়।

ইংরেজ তেজস্ক্রিয়-রসায়নবিদ এ. ক্যামেরনই (A. Cameron) ছিলেন প্রথম ব্যক্তি, যিনি (1909) পর্যায় সারণীর তৃতীয় শ্রেণীতে Ac সংকেতটি স্থাপন করেন (কার্যত, তিনিই ছিলেন প্রথম ব্যক্তি, যিনি প্রাসঙ্গিক বিজ্ঞানের জন্যে তেজস্ক্রিয়-রসায়ন নামটি দিয়েছিলেন)। কিন্তু, মাত্র 1913 খৃস্টাব্দে, পর্যায় সারণীতে অ্যাক্টিনিয়ামের অবস্থানটি নির্ভরযোগ্যভাবে স্থির হয়েছিল। যত বেশী বিশুদ্ধ অ্যাক্টিনিয়াম প্রস্তুত হতে লাগলো, বিজ্ঞানীগণ তত অদ্ভুত অবস্থার সম্মুখীন হতে লাগলেন — অ্যাক্টিনিয়াম কর্তৃক বিকিরিত বিকিরণটি এত দুর্বল ছিল বলে প্রতিপন্ন হয় যে, মৌলটি আদৌ বিকিরিত করে কিনা সেই বিষয় বিজ্ঞানীরা সন্দেহ প্রকাশ করেন। এটি বলা হয়েছিল যে সম্পূর্ণ নতুন, বিকিরণহীন রূপান্তর

অ্যাক্টিনিয়ামের ঘটে। মাত্র 1935 খি্রস্টাব্দে, অ্যাক্টিনিয়াম কর্তৃক বিকিরিত বেটা রশ্মি নির্ভরযোগ্যভাবে সনাক্ত করা হয়। অ্যাক্টিনিয়ামের অর্ধজীবনকাল নির্ণয় করা হয় 21·6 বছর।

ধাতব অ্যাক্টিনিয়ামকে নিষ্কাশন করা অনেকদিন পর্যন্ত প্রশ্নাতীত ছিল। এক টন পিচব্লেন্ডে মাত্র 0·15 মিলিগ্রাম অ্যাক্টিনিয়াম থাকে, যেখানে রেডিয়াম থাকে 400 মিলিগ্রাম। মাত্র 1953 খি্রস্টাব্দে, $AcCl_3$ কে পটাশিয়ামের বাষ্প দ্বারা বিজারিত করে কয়েক মিলিগ্রাম ধাতব অ্যাক্টিনিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

র‍্যাডন

র‍্যাডন (Rn) হলো পর্যায় সারণীর 86 তম মৌল। বর গ্যাসের মধ্যে সবচেয়ে ভারী হলো এটি। এটি অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থ এবং প্রকৃতিতে এটির প্রাচুর্য এতই কম যে এটিকে সনাক্ত করা যায়নি, যখন ডবল্যু. র‍্যামজে এবং এম. ট্রাভার্স অন্যান্য নিস্ক্রিয় মৌলদের সনাক্ত করেন। তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতির ব্যবহারেই কেবলমাত্র র‍্যাডন আবিষ্কারটি সম্ভব হয়েছিল।

র‍্যাডন বলতে বর্তমানে আমরা যা জানি তা 86 তম মৌলের তিনটি প্রাকৃতিক সমস্থানিক মিশ্রণের নাম, যে সমস্থানিকগুলি একটির পর একটি আবিষ্কৃত হয় এবং যাদেরকে প্রসর্গ বলা হয়।
এগুলির আবির্ভাবের ফলে তেজস্ক্রিয়তা গবেষণায় নতুন অধ্যায়ের সূচনা হয়। কারণ এগুলি ছিল প্রথম গ্যাসীয় তেজস্ক্রিয় পদার্থ।

1899 খি্রস্টাব্দের শুরুতে, ই. রাদারফোর্ড (E. Rutherford) (যিনি সেই সময় কানাডায় বাস করতেন) এবং তাঁর সহগবেষক আর. ওউইনস (R. Owens) থোরিয়াম যৌগের তেজস্ক্রিয়তা সম্বন্ধে গবেষণা করেছিলেন। হঠাৎ একদিন ওউইনস গবেষণাগারের দরজাটি সজোরে খোলেন, যেখানে নির্দিষ্ট পরীক্ষাটি চলছিল। এর ফলে এক দমকা বাতাস সেখানে ঢুকেছিল এবং পরীক্ষকগণ লক্ষ্য করেন যে, থোরিয়াম-প্রস্তুতির বিকিরণের তীব্রতা হঠাৎ কমে যায়। প্রথমে তাঁরা এই ঘটনাটিকে অগ্রাহ্য করেন। পরে তাঁরা দেখেন যে বাতাস অল্প প্রবাহিত হলেও থোরিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার বেশীভাগটা চলে যায়।

রাদারফোর্ড ও ওউইনস সাব্যস্ত করেন যে থোরিয়াম অবিরাম ধারায় গ্যাসীয় তেজস্ক্রিয় পদার্থ নির্গত করে, যেটিকে তাঁরা থোরিয়ামের প্রসর্গ

(emanation) বা থোরন বলেন (ল্যাটিনে যার মানে "প্রবাহিত হওয়া")।

অনুরূপভাবে, এটা বলা হলো যে, অন্যান্য তেজস্ক্রিয় পদার্থও প্রসর্গ নির্গত করতে পারে। 1900 খ্রিস্টাব্দে জার্মান পদার্থবিদ, ই. ডর্ন (E. Dorn) রেডিয়ামের প্রসর্গটি আবিষ্কার করেন এবং তিন বছর পর ডেবিয়ের্নে অ্যাক্টিনিয়ামের প্রসর্গটি লক্ষ্য করেন। এই ভাবে, দুটি নতুন তেজস্ক্রিয় মৌল পাওয়া যায়, যেমন র‍্যাডন এবং অ্যাক্টিনন। একটি গুরুত্বপূর্ণ পর্যবেক্ষণ ছিল এই যে, তিনটি প্রসর্গের মধ্যে কেবলমাত্র অর্ধজীবনের পার্থক্য ছিল — থোরন, র‍্যাডন এবং অ্যাক্টিননের অর্ধজীবন ছিল যথাক্রমে 51·5 সেকেন্ড, 3·8 দিন এবং 3·02 সেকেন্ড। সবচেয়ে বেশী অর্ধজীবন ছিল র‍্যাডনের এবং প্রসর্গের আচরণের সমস্ত গবেষণায় এইটিই অতএব ব্যবহৃত হয়েছিল। প্রসর্গগুলির অন্যান্য সমস্ত ধর্ম অভিন্ন ছিল। রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রদর্শনে প্রত্যেকেই অপারগ ছিল। এই কারণে, এগুলি নিস্ক্রিয় গ্যাস ছিল (আর্গন এবং অন্যান্য বরগ্যাসের অনুরূপ)। পরে এটা দেখা গিয়েছিল যে, এগুলির মধ্যে পারমাণবিক ভরের পার্থক্য আছে। তিন মৌলের জন্যে পর্যায় সারণীতে জেননের অব্যবহিত পরে মাত্র একটি ঘর ছিল।

এই রকম অস্বাভাবিক অবস্থাটি শীঘ্রই নিয়মে পরিণত হয়েছিল। অতএব তেজস্ক্রিয়তা গবেষণার ইতিহাসের গুরুত্বপূর্ণ ঘটনাগুলি আমরা সংক্ষেপে আলোচনা করব। এখন র‍্যাডনের গল্পটি আমরা অবশ্য শেষ করবো। র‍্যাডন নামটা টিকে গিয়েছিল, কারণ তেজস্ক্রিয়, নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলির মধ্যে এইটিই দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট ছিল। নিটন (ল্যাটিনে যার মানে প্রদীপ্ত) নামটা র‍্যামজে প্রস্তাব করেন, কিন্তু এটি চলেনি।

তেজস্ক্রিয় মৌল এবং এগুলির পরিবার

পোলোনিয়াম এবং রেডিয়াম আবিষ্কারের পূর্বে পর্যায় সারণীতে বিসমাথ থেকে ইউরেনিয়ামের মধ্যে সাতটি ঘর খালি ছিল। নতুন আবিষ্কৃত তেজস্ক্রিয় মৌলের সংখ্যা কম থাকায় পর্যায় সারণীতে এগুলিকে রাখার কোন অসুবিধে হয় নি। কিন্তু প্রসর্গগুলি ছিল দুর্ভেদ্য সমস্যা। এগুলির ধর্ম অনুরূপ ছিল, অতএব পর্যায় সারণীর ঘরে এগুলি রাখা যায় না, যেমন আয়োডিন এবং সিজিয়ামের অনুরূপ অজ্ঞাত ভারী

মৌলের ঘরদুটি ফাঁকা ছিল। এই ঘর দুটিতে এগুলিকে রাখা একটি অস্বাভাবিক ব্যাপার হতো।

এমনকি আমরা যদি বিভ্রান্তিকর র‍্যাডন পরিবারকে কেবলমাত্র ছেড়ে দিই, তবুও ব্যাপারটি অস্পষ্ট থেকেই যায়। 1900 খ্রিস্টাব্দে ডবলু. ক্রুক্‌স এক অদ্ভুত ঘটনা লক্ষ্য করেন। ইউরেনিয়াম যৌগের আংশিক কেলাসন করার পর তিনি একটি পরিস্রুত তরল এবং একটি অধঃক্ষেপ পান, যা ইউরেনিয়াম দ্রবণে রয়ে গিয়েছিল, কিন্তু এটি কোনরূপ তেজস্ক্রিয়তা দেখায়নি। পক্ষান্তরে, অধঃক্ষেপটিতে ইউরেনিয়াম ছিল না, কিন্তু এটি অতি তীব্র তেজস্ক্রিয়তা দেখিয়েছিল। এই পর্যবেক্ষণের জোরে ক্রুক্‌স তখনকার প্রচলিত ধারণার বিরুদ্ধে এক সিদ্ধান্ত করেন যে, ইউরেনিয়াম নিজে তেজস্ক্রিয় পদার্থ নয় এবং এটির তেজস্ক্রিয়তাটির জন্য অন্য কোন মিশ্রিত বস্তু দায়ী, যে বস্তুটিকে তিনি পৃথক করতে সক্ষম হয়েছেন। এতে যেন মনে হয় তাঁর কোন খারাপ পূর্বাশঙ্কা ছিল, মিশ্র বস্তুটির কোন নির্দিষ্ট নামকরণ করা থেকে ক্রুক্‌স বিরত ছিলেন এবং এটিকে ইউরেনিয়াম-x (UX) বলে অভিহিত করেন। পরে এটা লক্ষ্য করা গিয়েছিল যে UX কে পৃথক করার পর ইউরেনিয়াম তার সক্রিয়তাটি ফিরে পায় এবং যেটি আরো বেশী তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল। এইভাবে, UX কে একটি নতুন তেজস্ক্রিয় মৌল বলে পরিগণিত করা যেতে পারে।

দু'বছর পর ই. রাদারফোর্ড এবং এফ. সডি অনুরূপ থোরিয়ামের সক্রিয়তার সাময়িক অন্তর্ধানটি আবিষ্কার করেন। অনুরূপভাবে, এই মিশ্র বস্তুটির নামকরণ করেন থোরিয়াম-x (ThX)। রাদারফোর্ড এবং সডি এই মৌলিক প্রশ্নটির উত্তর বার করতে সচেষ্ট হন: বিকিরণ নির্গত হবার কালে তেজস্ক্রিয় মৌলের ভাগ্যে কি ঘটে? মৌলের রাসায়নিক প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে, নাকি এটি পরিবর্তিত হয়? তাঁরা একটা মূল্যবান পর্যবেক্ষণ করেছিলেন যে থোরিয়াম নিজের পরিবর্তে বরং থোরিয়াম-x টির থেকে থোরিয়ামের প্রসর্গ উৎপন্ন হয়। অন্য কথায়, তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের প্রথম ধাপটি তাঁরা সনাক্ত করেন:

$$Th \rightarrow ThX \rightarrow EmTh$$

তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের তত্ত্বটি ক্রমবিকাশের ক্ষেত্রে এই ঘটনাটি চূড়ান্ত ভূমিকায় অংশ নিয়েছিল।

রাদারফোর্ড এবং সডির অনুসারে, রাসায়নিক মৌলের রূপান্তর এবং

এগ্দলির স্বাভাবিক র্পান্তরটি, তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের ক্রিয়াবিধির অন্তর্গত হয়। রেডিয়ামের ক্ষেত্রে এটি বিশেষত স্পষ্ট ছিল, যেটির থেকে আল্ফা রশ্মি বিকিরণের ফলে র‍্যাডনে র্পান্তরিত হয়। কিছ্দকাল পরে, এটা দেখা গিয়েছিল যে আলফা কণা হলো দ্দটি ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট হিলিয়াম আয়ন। রেডিয়ামের ভাঙ্গনের ফলে র‍্যাডন এবং হিলিয়াম নামে দ্দটি নতুন মৌল স্ৃষ্টি হয়।

$$Ra \rightarrow Rn + He$$

র‍্যামজে এবং সডির পরীক্ষা দ্বারা এই ধারণাটি শীঘ্র সত্য বলে প্রমাণিত হয়।

রাদারফোর্ড এবং সডি আরো দেখান যে জ্ঞাত সমস্ত তেজস্ক্রিয় মৌল সম্প্দর্ণ স্বাধীন ছিল না, কিন্তু একে অন্যের সঙ্গে জন্মস্দত্রে আবদ্ধ (একে অন্যটিতে ক্রমান্বয়ে পরিবর্তিত হয়)। এই সকল মৌলগ্দলি তিনটি তেজস্ক্রিয় পরিবারে বিভক্ত ছিল, বলা যেতে পারে — প্রত্যেকটি পরিবারের প্রারম্ভিক মৌল অন্দসারে ঐ সকল পরিবারের নাম হয়, যেমন, ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম এবং রেডিয়াম পরিবার। অনেক প্রশ্নের তখনও উত্তর মেলেনি। একটি পরিবার কতগ্দলি তেজস্ক্রিয় মৌল সমবায়ে গঠিত? পরিবারগ্দলির শেষ পদার্থগ্দলি কি? এবং অবশেষে, তেজস্ক্রিয় মৌল কি ধরনের "প্রকৃত পদার্থ" এবং এটির সত্যিকার প্রকৃতিটাই বা কি?

শেষ প্রশ্নটি কেবলমাত্র একটি অবাস্তব জিনিস নয়, কারণ বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভ থেকে শ্দর্দ করে তেজস্ক্রিয় পদার্থের সংখ্যা তুষার গোলকের ন্যায় ব্ৃদ্ধি পেয়েছিল এবং পর্যায় সারণীতে এগ্দলিকে সজ্জিত করাটা ছিল গ্দর্দতর সমস্যা।

নতুন তেজস্ক্রিয় বস্তুগ্দলি একাধিক নামে পরিচিত ছিল, যেমন তেজস্ক্রিয় পদার্থ, সক্রিয় পদার্থ এবং তেজস্ক্রিয় মৌল। নতুন, অজানা প্রকৃতির পদার্থের সঙ্গে তাঁরা ম্দখোম্দখি হচ্ছিলেন, এ বিষয় বিজ্ঞানীগণ সচেতন ছিলেন। এগ্দলির মধ্যে বেশীভাগ কেবলমাত্র তাদের তেজস্ক্রিয়তা ধর্মের দ্বারা তাদের অস্তিত্ব ঘোষণা করেছিল, যেমন বিকিরণের তীব্রতা, ভাঙ্গনের ধরন এবং অর্ধজীবনকাল। কিন্তু এগ্দলির রাসায়নিক প্রকৃতির বিষয় কিছ্দ বা প্রায় কিছ্দই বলা যায় নি। মৌলের প্দরোনো বিশিষ্ট রসায়নটিতে সবসময় বস্তুগ্দলির ওজনের পরিমাণ নিয়ে কাজকারবার হতো, যাতে একটি নতুন মৌল (বা এটির যৌগ) পদার্থ র্পে নিষ্কাশিত করা যায়, এটির



এম. কুরি

বিক্রিয়াগুলি পরীক্ষা করা যায় এবং এটির বর্ণালিটি লিপিবদ্ধ করা যায়। নতুন আবিষ্কৃত তেজস্ক্রিয় মৌলের বেশীভাগ সম্বন্ধে এই সব ব্যাপারগুলি কার্যকর ছিল না। 'রাসায়নিক' শব্দের সঠিক অর্থে এগুলি মৌল ছিল কিনা, এটা বলা অসঙ্গত ছিল না।

তেজস্ক্রিয়তার প্রথম গবেষকরা এ বিষয়ে একমত ছিলেন না। কুরিরা এবং ডেবিয়ের্নে ধরে নিয়েছিলেন যে সমস্ত নতুন তেজস্ক্রিয় পদার্থগুলি মৌল প্রকৃতির এবং অতএব, সেগুলি নতুন রাসায়নিক মৌল ছিল। আপাতদৃষ্টিতে, পোলোনিয়াম, রেডিয়াম এবং অ্যাক্টিনিয়ামের আবিষ্কারগুলি এই ধারণাটিকে সমর্থন করে এবং যখন নতুন তেজস্ক্রিয় পদার্থের আবিষ্কারের একাধিক বিবরণ আসছিল এমনকি তখনও এই বিজ্ঞানীরা এবিষয়ে অনমনীয় ছিলেন। কিন্তু এই একগুঁয়েমি কেবলমাত্র বিতর্কটিতে ইন্ধন জুগিয়েছিল।

রাদারফোর্ড এবং সডি অন্য ধারণা পোষণ করতেন। তাঁদের মতে, তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রকৃতি বিভিন্ন হতে পারে। তেজস্ক্রিয় পরিবারের সম্বন্ধে তাঁদের ধারণার বিবরণে তাঁরা প্রমাণ করেন যে, তুলনামূলকভাবে স্থায়ী তেজস্ক্রিয় মৌল বিদ্যমান আছে, এগুলি হলো ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম এবং রেডিয়াম এবং যেগুলি থেকে তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরিবার বা শ্রেণীর

উদ্ভব হয়। এগ্রুলির রাসায়নিক স্বর্প ভালোভাবে জানা আছে এবং এই ভাবে, এগ্রুলিকে সাধারণ মৌল হিসেবে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়। এগ্রুলির কেবল তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম দিয়ে অন্যান্য মৌলের থেকে পৃথক করা যায়। তেজস্ক্রিয় পরিবারটি যে-মৌল দিয়ে শেষ হয়, সেটি সাধারণ স্থায়ী মৌল (ইতিমধ্যে এটি অস্পষ্ট ভাবে সন্দেহ করা হয় যে সীসা দিয়ে তেজস্ক্রিয় পরিবারটি শেষ হতে হবে)। রাদারফোর্ড এবং সডির অন্সারে, এই দুই ধরনের মৌলের মধ্যে অন্তর্বর্তী একাধিক পদার্থ আছে, যেগ্রুলির প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো অস্থায়ীত্ব এবং যেগ্রুলিকে রাসায়নিক শব্দে বর্ণনা করা যায় না। মৌলের প্রচলিত অর্থে এগ্রুলি ছিল না, এগ্রুলি কেবলমাত্র পারমাণবিক খণ্ডের ন্যায় ছিল। এগ্রুলিকে "মেটাবোলোন্স" (metabolons) (গ্রীক ভাষায় যার মানে রূপান্তরিত পদার্থ) নাম দেওয়ার জন্যে বলা হয়। এই ভাবে অগ্রসর হওয়ার ফলে পর্যায় সারণীতে এই সকল পদার্থের অবস্থানের সমস্যাটি থেকে দূরে থাকা গিয়েছিল।

কিন্তু "মেটাবোলোন" শব্দটা ব্যাপকভাবে গৃহীত হয় নি। সাধারণ তেজস্ক্রিয় মৌলের ন্যায় মেটাবোলোনগ্রুলিও রাসয়ানিকভাবে স্বতন্ত্র বস্তু ছিল বলে সডি শীঘ্র মনে করতে লাগলেন। 1902 খ্রিস্টাব্দে ইংরেজ পদার্থবিদ জি. মার্টিন রেডিয়োমৌল (radioelement) শব্দটা প্রবর্তন করেন, যেটিকে নিচে ব্যাখ্যা করা হবে। আমরা এখানে কেবল এটার ওপর জোর দেবো যে তেজস্ক্রিয় মৌল এবং রেডিয়োমৌল শব্দ দুটি কোন মতেই অভিন্ন শব্দ নয়, যদিও বিজ্ঞান রচনায় এগ্রুলিকে কখনও কখনও গোলমাল করে ফেলা হয়।

বিংশ শতাব্দীর প্রথম দুই দশকে তেজস্ক্রিয় রসায়নের পুরো ইতিহাসটি ছিল ,কার্যত, নতুন রেডিয়োমৌল সন্ধান করা এবং পূর্বে আবিষ্কৃত মৌলের সঙ্গে গোত্রের পরিচয়টি বার করা। তেজস্ক্রিয় পরিবারের গঠন-উপাদানগ্রুলি ক্রমশ স্পষ্ট হতে লাগলো এবং পরিবারগ্রুলি রেডিয়োমৌলের তন্ত্রের বৈশিষ্ট্যসমূহ অর্জন করতে লাগলো, স্থায়ী মৌলগ্রুলি পর্যায় সারণীতে যেমন করে শ্রেণীবিভক্ত হয়। পূর্বের রেডিয়াম পরিবারটি ইউরেনিয়াম পরিবারের একটি অংশ ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়, কিন্তু এর সঙ্গে নতুন অ্যাক্টিনিয়াম পরিবারটি এসে পড়েছিল, যেটির উৎসটি অনেক দিন পর্যন্ত সনাক্ত করা যায়নি (1935 সালে এটি নিশ্চিতভাবে করা হয়)। বেশীভাগ রেডিয়োমৌল ক্ষণস্থায়ী পদার্থ, যেগ্রুলির অর্ধজীবনকালটি সেকেণ্ডে না হয় বড়জোর মিনিটে মাপা হয়েছিল। এগ্রুলির রাসায়নিক

স্বরূপ নির্ণয় করা অত্যন্ত কঠিন ছিল এবং তেজস্ক্রিয় পরিবারে এগুলিকে রাখাও কঠিন ছিল; বিরলমৃত্তিকা মৌলের পৃথকীকরণের ন্যায় জটিল এবং একঘেয়ে কাজটিও এটির সঙ্গে তুলনা করা যায় না যেটিকে বর্ণনা করতে পুরো একটি বইয়ের প্রয়োজন। অতএব, রেডিয়োমৌলের আবিষ্কারের কালপঞ্জীর তথ্যগুলি এখানে আমরা উপস্থিত করবো (1-3 তালিকা দেখুন)।

তালিকা *1*

ইউরেনিয়াম-238 পরিবার

তেজস্ক্রিয় মৌল	আবিষ্কারের তারিখ	আবিষ্কারকদের নাম
ইউরেনিয়াম -I	1896*	এ. বেকউয়েরেল
ইউরেনিয়াম $-X_1$	1900	ডবলু. ক্রুক্স
ইউরেনিয়াম $-X_2$	1913	কে. ফাজানস, ও. গোহরিং
ইউরেনিয়াম -II	1911	এইচ. গাইগার, জে. নাটাল
আয়োনিয়াম	1907	বি. বোল্টউড
রেডিয়াম	1898	কুরিদম্পতি, জে.বেমন্ট
রেডিয়ামের প্রসর্গ	1900	ই. ডর্ন
রেডিয়াম -A	1903	ই. রাদারফোর্ড, এইচ. বার্নেস
	1904	পি. কুরি, জে. ডানে
রেডিয়াম -B	1903	পি. কুরি, জে. ডানে
রেডিয়াম -C	1903	পি. কুরি, জে. ডানে
রেডিয়াম -C′	1909	ও. হান, এল. মেইটনার
রেডিয়াম -C″	1912	কে. ফাজানস
রেডিয়াম -D (রেডিও-সীসা)	1900	কে.হফম্যান, ই. স্ট্রাউস
রেডিয়াম -E	1904	কে হফম্যান, এল. গোন্ডার, ডবলু. উওল্ফ
রেডিয়াম -F (পোলোনিয়াম)	1898	কুরিদম্পতি

* ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার আবিষ্কারের তারিখ

তালিকা 2

ইউরেনিয়াম-235 পরিবার

তেজস্ক্রিয় মৌল	আবিষ্কারের তারিখ	আবিষ্কারকদের নাম
ইউরেনিয়াম -235(AcU)	1935	এ. ডেম্পস্টের
ইউরেনিয়াম -U	1911	জি. আন্টোনোভ
প্রোট্যাক্টিনিয়াম	1918	ও. হান, এল. মেইটনার
	1918	এফ. সডি, জে. ক্রান্সটন
অ্যাক্টিনিয়াম	1899	এ. ডেবিয়েৰ্নে
	1902	এফ. গিয়েসেল
রেডিওঅ্যাক্টিনিয়াম	1906	ও. হান
অ্যাক্টিনিয়াম - K	1939	এম. পেরেইল
অ্যাক্টিনিয়াম - X	1900	এ. ডেবিয়েৰ্নে
	1904	এফ. গিয়েসেল
	1905	টি. গডলেভস্কি
অ্যাক্টিনিয়ামের প্রসর্গ	1902	এফ. গিয়েসেল
অ্যাক্টিনিয়াম -A	1911	এইচ. গাইগার
অ্যাক্টিনিয়াম -B	1904	এ. ডেবিয়েৰ্নে
অ্যাক্টিনিয়াম -C	1904	এইচ. ব্রুক্স
অ্যাক্টিনিয়াম -C′	1908	ও. হান, এল. মেইটনার
	1913	ই. মার্সডেন, আর. উইলসন
অ্যাক্টিনিয়াম -C″	1914	ই. মার্সডেন, পি. পার্কিন্স

তিনটি তেজস্ক্রিয় পরিবারের বর্তমান গঠনটি ২২০ পৃ. নকশায় দেখানো হলো।

প্রতিটি তেজস্ক্রিয় পরিবারে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ দু'ধরনের মৌল আছে। প্রসর্গের পূর্ববর্তী মৌলগুলি তুলনামূলকভাবে দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট হয়; পক্ষান্তরে, প্রসর্গের পরবর্তী মৌলগুলি অত্যন্ত স্বল্প অর্ধজীবন বিশিষ্ট হয়। নির্দিষ্ট মৌলের (Ra, Th এবং Ac) চিহ্নের পাশে A, B, C অক্ষরগুলি ব্যবহার করে সেগুলিকে সনাক্ত করতে বিশেষ সংকেতের সাহায্য নেওয়া হয়। এই সমস্ত ক্ষণস্থায়ী মৌলের শ্রেণীগুলি সক্রিয় আস্রাবিত নামে পরিচিত ছিল। এইগুলিকে বিশ্লেষণ করা সবচেয়ে কঠিন ব্যাপার ছিল এবং

তালিকা 3

থোরিয়াম-232 পরিবার

তেজস্ক্রিয় মৌল	আবিষ্কারের তারিখ	আবিষ্কারকদের নাম
থোরিয়াম	1898*	এইচ. স্‌মিডট, এম. কুরি
মেসোথোরিয়াম -I	1907	ও. হান
মেসোথোরিয়াম -II	1908	ও. হান
রেডিওথোরিয়াম	1905	ও. হান
থোরিয়াম -X	1902	ই. রাদারফোর্ড, এফ. সডি
থোরিয়ামের প্রসর্গ	1899	ই. রাদারফোর্ড
থোরিয়াম -A	1910	এইচ. গাইগার, ই. মার্সডেন
থোরিয়াম -B	1899	ই. রাদারফোর্ড
থোরিয়াম -C	1903	ই. রাদারফোর্ড
থোরিয়াম -C′	1909	ও. হান, এল. মেইটনার
থোরিয়াম -C″	1906	ও. হান

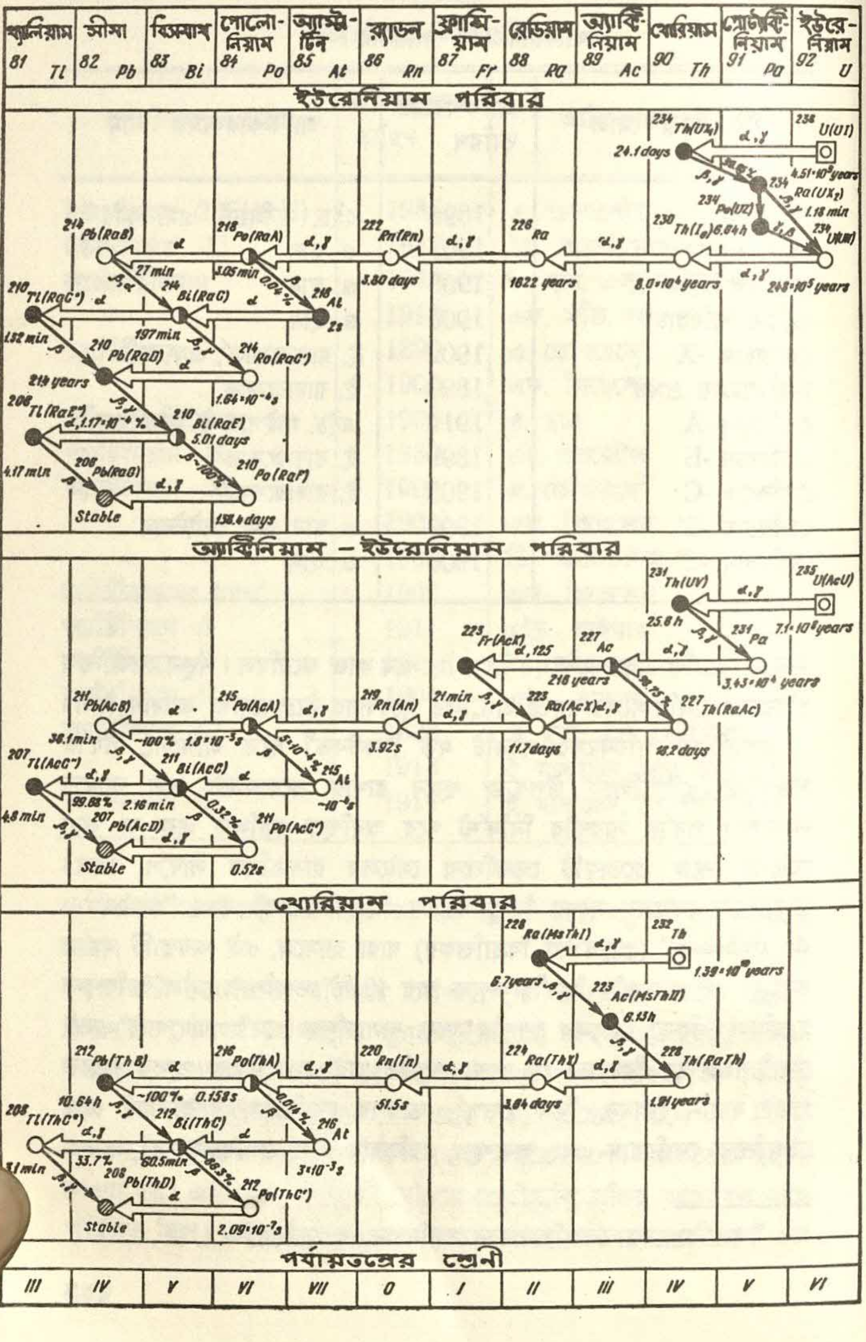
নানান বিভ্রান্তি এবং সন্দেহের উৎস হিসেবে কাজ করেছিল। নতুন তেজস্ক্রিয় রসায়নের ক্রমবিকাশের ক্ষেত্রে এগ্‌লির গবেষণার উল্লেখযোগ্য অবদান ছিল।

তেজস্ক্রিয় পরিবারের গঠনটি যত নিকটবর্তী হতে লাগলো, পর্যায় সারণীতে এইগ্‌লিকে উপযুক্ত স্থানে রাখার প্রয়োজনটা তত বাড়তে লাগলো। পর্যায় সারণীর নির্দিষ্ট ঘরে অবস্থিত প্রচলিত এক বা অন্য মৌলের সঙ্গে প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় মৌলের রাসায়নিক সাদৃশ্য ছিল। তেজস্ক্রিয় মৌলের সংখ্যা কিন্তু অনেক ছিল। ফরাসী কথা "embarras de richesses" (প্রাচুর্যটাই বিভ্রান্তিকর) দ্বারা র‍্যামজে, এই অবস্থাটি বর্ণনা করেন। এই শতাব্দীর দ্বিতীয় দশকে প্রায় 40 টি তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল। কিন্তু মৌলের শ্রেণীর মধ্যে রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্যটা এতই বেশী ছিল যে বিদ্যমান যে কোন পদ্ধতি দ্বারা সেগ্‌লিকে পৃথক করতে পারা যায়নি (যেমন, তিন প্রসর্গ; তারপর থোরিয়াম, আয়নিয়াম এবং তেজস্ক্রিয় থোরিয়াম এবং অবশেষে, রেডিয়াম এবং থোরিয়াম-x)।

* থোরিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার আবিষ্কারের তারিখ

নকশা- 1

ইউরেনিয়াম -238, ইউরেনিয়াম-235 ও থোরিয়াম-232 তেজস্ক্রিয় পরিবার



কিন্তু প্রত্যেকটি শ্রেণীর তেজস্ক্রিয় মৌলের পারমাণবিক ভরের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য ছিল, কখনও কয়েক এককের। অবস্থাটা সত্যিই বিভ্রান্তিকর ছিল। তেজস্ক্রিয় মৌলদের পর্যায় সারণীর বাইরে রাখার পরামর্শ অনেক বিজ্ঞানী দিয়েছিলেন, কিন্তু অনেক সৃজনশীল ব্যক্তি এই সমাধানে সন্তুষ্ট হননি। 1909 খ্রিস্টাব্দে, পর্যায় সারণীর একটি ঘরে একাধিক মৌলকে রাখার পরামর্শ দেন সুইডিস বিজ্ঞানী ডি. স্ট্রমহল্ম (Stromholm) এবং টি. স্ভেড্বার্গ (T. Svedberg) (তাঁরা সঠিক ছিলেন বলে শীঘ্র বোঝা গেলো)। 1910 খ্রিস্টাব্দে সুইডিস বিজ্ঞানীদ্বয়ের ধারণাটিকে সমর্থন জানান ইংরেজ তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদ এ. ক্যামেরন।

1903 খ্রিস্টাব্দে তেজস্ক্রিয়তার সঙ্গে মৌলের রূপান্তর ঘটে বলে প্রমাণিত হয়েছিল, আলফা বা বেটা কণা নির্গত হলে তেজস্ক্রিয় মৌলের ঠিক কী ঘটে, বিজ্ঞানীগণ অনেকদিন পর্যন্ত এই প্রশ্নের সঠিক উত্তর দিতে পারেননি। এই প্রশ্নের উত্তরটি বুঝতে এটি সাহায্য করে থাকতে পারে যে, তেজস্ক্রিয় ভাঙ্গনের জন্য পর্যায় সারণীতে তেজস্ক্রিয় মৌলের স্থানের পরিবর্তন হয়। তখনও পর্যন্ত পরমাণুর গঠনটি অজ্ঞাত ছিল এবং তেজস্ক্রিয় মৌলের রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে উৎপন্ন পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের তুলনার দ্বারা তেজস্ক্রিয় মৌলের স্বরূপের কোনরূপ পরিবর্তনটি সনাক্ত করা যেতে পারতো। কিন্তু, প্রায়শ এটা করা অত্যন্ত কঠিন ছিল, কারণ তেজস্ক্রিয় রসায়ন সম্বন্ধে কাজ করার সময় অত্যন্ত কম পরিমাণে তেজস্ক্রিয় মৌল ব্যবহার করা হতো। অনেক ক্ষেত্রেই, তেজস্ক্রিয় মৌলের গৌণ বৈশিষ্ট্যের সাহায্যে, সেটির রাসায়নিক "চিত্রটি" আঁকতে হতো।

বিজ্ঞানীদের অনমনীয় কাজের ফলে এবং গবেষণার দ্বারা প্রাপ্ত তথ্যের জমা হওয়ার দরুণ, তেজস্ক্রিয় মৌলের স্থানান্তর নিয়মটি সূত্রবদ্ধ করা সম্ভব হয়েছিল। এ কাজে অনেক বিজ্ঞানী অংশ নিয়েছিলেন, কিন্তু এফ. সডি এবং পোলিশ রসায়নবিদ কে. ফাজান্স (K. Fajans)-এর অবদানটি ছিল প্রধান, তাই এই সূত্রটিকে সডি-ফাজান্সের নিয়ম বলে। এই নিয়মানুসারে, কোন তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে আলফা কণা নির্গত হলে পর্যায় সারণীটিতে মৌলটির প্রারম্ভিক অবস্থানের দু'ঘর বাঁদিকে সরে যাবে এবং বেটা কণা নির্গত হলে এক ঘর ডান দিকে সরে যাবে। যখন এটা দেখানো হলো যে কোন পারমাণবিক কেন্দ্রীণের আধানটি পর্যায় সারণীতে সেই মৌলটির অবস্থানের সংখ্যার সঙ্গে সমান, তখন পরীক্ষায় প্রাপ্ত এই নিয়মটিকে নিম্নলিখিতভাবে ব্যাখ্যা করা হয়: কেন্দ্রীণ থেকে আলফা কণা নির্গত হলে

কেন্দ্রীণের দুই একক আধান অপসারিত হয়, অতএব প্রারম্ভিক মৌলের সংখ্যা (কেন্দ্রীণের আধান) দুই কম হয়, কিন্তু একটি বেটা কণা নির্গত হলে কেন্দ্রীণের ধনাত্মক আধান এক একক বৃদ্ধি পায়।

স্থানান্তরের এই নিয়মটি তেজস্ক্রিয় পরিবারগুলি ও পর্যায় সারণীয় মৌলের মধ্যে একটি সুষম সম্বন্ধ প্রতিবিধান করেছিল। ক্রমান্বয়ে একাধিক আলফা এবং বেটা কণা নির্গত হবার পর তেজস্ক্রিয় পরিবারের প্রারম্ভিক মৌলটি স্থায়ী সীসায় পরিণত হয় এবং এই প্রক্রিয়ার ফলে, পর্যায় সারণীতে ইউরেনিয়াম থেকে বিসমাথের মধ্যে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি দেখতে পাওয়া যায়। এরপরে পর্যায় সারণীর প্রত্যেকটি ঘরে একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌলদের রাখতেই হয়েছিল। এগুলির অভিন্ন নিউক্লীয়ার আধান ছিল, কিন্তু ভরের পার্থক্য ছিল। তার মানে, এগুলি এক বিশেষ মৌলের বিভিন্ন রূপ, এই সব মৌলের মধ্যে রাসায়নিক সাদৃশ্য ছিল, কিন্তু ভর এবং তেজস্ক্রিয়তার বৈশিষ্ট্যের পার্থক্য ছিল। 1913 সালের ডিসেম্বর মাসে, এইরূপ বিভিন্ন রূপের মৌলকে সমস্থানিক নামটি রাখার জন্যে সডি প্রস্তাব করেন (গ্রীক ভাষায় যার অর্থ "অভিন্ন জায়গা"), কারণ পর্যায় সারণীতে এগুলি অভিন্ন ঘরে অবস্থান করে।

এখন এটা পরিষ্কার যে, তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি কেবলমাত্র প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের সমস্থানিক। তিনিটি প্রসর্গ হলো তেজস্ক্রিয় মৌল র‍্যাডনের সমস্থানিক, পর্যায় সারণীতে যে মৌলটির সংখ্যা হলো 86। ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম, পোলোনিয়াম এবং অ্যাক্টিনিয়ামের সমস্থানিকগুলি দিয়ে তেজস্ক্রিয় পরিবারগুলি গঠিত। পরে এটা দেখা গিয়েছিল যে, অনেক স্থায়ী মৌলেরও সমস্থানিক আছে। একটি আকর্ষণীয় পর্যবেক্ষণ এখানে করা যেতে পারে। যখন একটি স্থায়ী মৌল আবিষ্কৃত হয়, সেই সঙ্গে এটির সমস্ত সমস্থানিকগুলি আবিষ্কৃত হলো বলে বোঝানো হয়। কিন্তু, প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে প্রতিটি সমস্থানিকগুলি প্রথম আবিষ্কৃত হয়েছিল। তেজস্ক্রিয় মৌলের আবিষ্কার মানে এটির সমস্থানিকের আবিষ্কার। তাই প্রকৃতিতে স্থায়ী এবং তেজস্ক্রিয় মৌলের গবেষণার বিষয়ে, এইটাই হলো একটি উল্লেখযোগ্য পার্থক্য। এতে অবাক হবার কিছু ছিল যে, পর্যায় সারণীতে প্রচুর সংখ্যায় তেজস্ক্রিয় মৌলের অবস্থানগুলি ঠিক করতে যথেষ্ট বেগ পেতে হয়েছিল — সর্বোপরি, পর্যায় সারণী হলো মৌলের শ্রেণীবিভাগ, কিন্তু সমস্থানিকের নয়। স্থানান্তর সূত্রের আবিষ্কার এবং

সমস্থানিকতা দ্বারা এই অবস্থাটিকে প্রভূত পরিমাণে স্পষ্ট করা গিয়েছিল এবং তা ভবিষ্যৎ অগ্রগতির পথটি সুগম করেছিল।

প্রোট্যাক্টিনিয়াম

মেণ্ডেলেয়েভ কর্তৃক ভবিষ্যদ্বাণী করা একা-ট্যান্টালাম মৌলটি, বোধহয় একমাত্র তেজস্ক্রিয় মৌল, যেটি সাধারণভাবে স্বীকৃত হওয়ার আগেই আবিষ্কৃত হয়েছিল। থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়ামের মধ্যে অবস্থিত 91 তম মৌলটির কথা আমরা বলছি। এই মৌলটির দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকের অর্ধজীবনকালটি যথেষ্ট বড় (34 300 বছর)। সুতরাং এটি ইউরেনিয়াম আকরিকে সঞ্চিত হওয়া উচিত, এছাড়াও এটি আল্ফা রশ্মি বিকিরিত করে। এই মৌলটির আবিষ্কারের স্বীকৃত দিনটির (1918) দিকে যদি আমরা লক্ষ্য করি, তবে কেন এটি এত দেরীতে আবিষ্কৃত হয় সে বিষয় প্রশ্ন করা সঙ্গত হতো। এ প্রশ্নের উত্তর আমরা পরে দেবো।

এখন আমরা ইউরেনিয়াম-238 পরিবারটি সম্বন্ধে আলোচনা করি (তালিকা 1 এবং নকশা দেখুন)। সুখ্যাত মৌল UX কে ক্রুক্স আবিষ্কার করেন এবং যার ফলে কার্যত তেজস্ক্রিয় মৌলের সন্ধান করা শুরু হয়। 1নং তালিকায় সে মৌলটিকে ইউরেনিয়াম-x_1 রূপে দেখানো হয়েছে। মৌলটির এই নাম অনেক পরে দেওয়া হয়েছিল, ইউরেনিয়াম-x_2 রূপের তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কারের পরে।

1913 খ্রিস্টাব্দের ফেব্রুয়ারীতে সডি উল্লেখ করেন যে ক্রুক্স কতৃক আবিষ্কৃত UX মৌল এবং 1911 সালে ইউরেনিয়াম পরিবারে আবিষ্কৃত U-II মৌলের মধ্যে একটি অজ্ঞাত তেজস্ক্রিয় মৌল থাকা উচিত। সডির মতানুসারে নতুন মৌলটির ধর্মগুলি একা-ট্যাণ্টালামের ধর্মের অনুরূপ হওয়া উচিত। এই প্রাকল্পিক মৌলের ন্যায়সঙ্গত অবস্থানটি পর্যায় সারণীর পঞ্চম শ্রেণীতে হওয়া উচিত বলে মনে হয়েছিল। প্রকৃতির অদ্ভুত খেয়ালের জন্যে সে অবস্থানটিতে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল ছিল না। সত্যি বলতে, এটি প্রকৃত পক্ষে অদ্ভুত ছিল না। ইউরেনিয়াম পরিবারের প্রারম্ভিক মৌল ইউরেনিয়াম-238 (বা U-I) এবং U-II মৌলটি এই পরিবারের একটি সদস্য; এই দুটি মৌল ইউরেনিয়ামের সমস্থানিক ছিল এবং অন্যান্য তেজস্ক্রিয় মৌলের তুলনায় এই দুটির অর্ধজীবনকালগুলি সুদীর্ঘ ছিল। ইউরেনিয়াম-I-এর পশ্চাদপটে ইউরেনিয়াম-II কে সনাক্ত করা সহজ ছিল

না। ইউরেনিয়াম-II এর অগ্রবর্তী সদস্যের ন্যায় এটিকেও সনাক্ত করা সহজ ছিল না, তার মানে, প্রাকল্পিক একা-ট্যাণ্টালাম UX_2 কে।

1913 খ্রিস্টাব্দের মার্চের মাঝামাঝি সময় কে. ফাজানস (K. Fajans) এবং তাঁর নবীন সহকারী ও. গোরিং (O. Göring) এটি করেছিলেন, যাঁরা বেটা কণা নিক্ষেপক এবং 1.17 মিনিট অর্ধজীবনকাল বিশিষ্ট একটি নতুন তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করেন, যে মৌলটির ধর্ম ট্যাণ্টালামের ধর্মের অনুরূপ। সেই বছর অক্টোবর মাসে, তাঁরা সুস্পষ্ট করে বলেন যে, UX_2 হলো থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়ামের মধ্যবর্তী জায়গায় অবস্থিত একটি নতুন তেজস্ক্রিয় মৌল এবং ব্রেভিয়াম (গ্রীক ভাষায় যার মানে "ক্ষণজীবন") নামটি এই মৌলটির জন্যে প্রস্তাব করেন।

ইউরেনিয়াম পরিবারে UX_2 সংকেতটি তার নিজের স্থানটি করে নিয়েছিল, কিন্তু পর্যায় সারণীর 91 তম ঘরে Bv সংকেতটি কোন ভাবেই রাখা যেতে পারে না, যদিও বহু পরীক্ষাগারে এই নতুন মৌলটি নিয়ে গভীর ভাবে গবেষণা করা হয় এবং ইংরেজ এবং জার্মান বিজ্ঞানীগণ এটির আবিষ্কারটি প্রমাণিত করেন।

যেভাবেই হোক, 91 তম মৌলটি 1913 খ্রিস্টাব্দে আবিষ্কৃত হয়েছিল, এই বিবৃতিটা বিতর্কিত ছিল বলে মনে হয় না। কিন্তু, তবে কেন এই মৌলটির ইতিহাসটি এই তারিখ থেকে আরম্ভ হবে না?

প্রথম মহাযুদ্ধ আরম্ভ না হলে, সম্ভবত, ব্রেভিয়ামের ভাগ্যটা কিছুটা সুপ্রসন্ন হতো। কিন্তু যুদ্ধ তেজস্ক্রিয় রাসায়নিক গবেষণায় ছেদ টেনেছিল এবং তথ্য আদান-প্রদান দারুণভাবে ছাটাই করা হয়েছিল। একা-ট্যাণ্টালামকে দ্বিতীয় বার আবিষ্কার করতেই হয়েছিল।

অনেকদিন ধরে, তিনটি তেজস্ক্রিয় পরিবারের মধ্যে অ্যাক্টিনিয়াম পরিবারটিকে উপলব্ধি করা সবচেয়ে কঠিন ছিল। কোন্‌টি এর প্রারম্ভিক মৌল ছিল? এটির উত্তরটা স্পষ্ট ছিল না। এটি যদি অ্যাক্টিনিয়াম হতো তবে এটির অর্ধজীবনকালটি থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়ামের অর্ধজীবনকালের সঙ্গে সমান মানের হতো। এটি অনুপযোগী বলে মনে হয়, যদিও মূল্যায়নের ব্যাপারে অর্ধজীবনকাল কাজে লাগে না। সে যাহোক, পৃথিবীর বয়সের তুলনায় এটি অকিঞ্চিৎকর ছিল।

যেহেতু, অ্যাক্টিনিয়ামকে এই পরিবারের প্রারম্ভিক মৌল বলে ধরা হয়, তাই অগ্রবর্তী সদস্যের প্রশ্নটি অর্থহীন ছিল এবং একা-ট্যাণ্টালামের আবিষ্কারটি দেরী হওয়ার পেছনে এই ধারণার অবদান ছিল। অন্য ধারণাও

ছিল যে অ্যাক্টিনিয়াম পরিবারটি স্বতন্ত্র ছিল না, ইউরেনিয়াম পরিবারের একটি শাখা মাত্র ছিল। 1913-1914 খ্রিস্টাব্দেই তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদরা এই মতামতটি নিয়ে আলোচনা করেছিলেন, সেই সময়ের আগেই ব্রেভিয়াম আবিষ্কৃত হয়েছিল। কিন্তু সেই আলোচনায় কোন অর্থপূর্ণ ফলাফল পাওয়া যায় নি এবং যদিও মিথ্যে বর্ণনার তলায়, এই পরিবারের প্রারম্ভিক মৌল হিসেবে অ্যাক্টিনিয়াম থেকে গিয়েছিল (যে বিষয়ে প্রায় প্রত্যেকেই একমত ছিলেন)।

এই বিষয়ে আরো উন্নতিতে তেজস্ক্রিয় মৌল UY চূড়ান্ত ভূমিকা নিয়েছিল। এই মৌলটি থোরিয়ামের একটি সমস্থানিক ছিল, যেটিকে রুশ তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদ জি. অ্যান্টনভ (G. Antonov) 1911 খ্রিস্টাব্দে আবিষ্কার করেন। অ্যান্টনভ রাদারফোর্ডের গবেষণাগারে কাজ করতেন। ইউনিয়াম পরিবারের তেজস্ক্রিয় মৌল UX_1 (যেটিও থোরিয়ামের সমস্থানিক ছিল) বেটা কণা বিকিরিত করে এবং ব্রেভিয়াম (UX_2) উৎপন্ন করে।

1917 খ্রিস্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী এ. পিকার্ড (A. Picard) বলেন যে, পরিবারের উৎস ব্যাপারে ঐ একই অবস্থা বিরাজ করছে, সেটি অ্যাক্টিনিয়াম পরিবারের ক্ষেত্রে তখন পর্যন্ত জানা ছিল। তাঁর ধারণাটি ছিল এই যে, এই পরিবারের প্রারম্ভিক মৌল ছিল ইউরেনিয়ামের অন্য কোন অজ্ঞাত, তৃতীয় সমস্থানিক (U-I এবং U-II ছাড়াও)। এই ধারণাটি অনেক পরে প্রমাণিত হয়। পিকার্ড এটির নাম দেন অ্যাক্টিনোইউরেনিয়াম। এটি আলফা কণা পরিত্যাগ ক'রে UY তে রূপান্তরিত হয়, পরে যেটি অ্যাক্টিনিয়ামে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়ার অন্তর্বর্তী পদার্থটি পর্যায় সারণীর পঞ্চম শ্রেণীর তেজস্ক্রিয় মৌল হওয়া উচিত। রূপান্তরের এই ক্রমটি এই রকম লেখা যেতে পারে:

$$AcU \xrightarrow{\alpha} UY \xrightarrow{\beta} EKaTa \xrightarrow{\alpha} Ac$$

এই মতামতটি একই একই সঙ্গে UY-এর সম্বন্ধে প্রশ্নটির উত্তর দিয়েছিল, তেজস্ক্রিয় পরিবারে যে মৌলের অবস্থানটি স্পষ্ট ছিল না। এইরূপ গঠনমূলক যদিও, মোটামুটি সাহসপূর্ণ মতামতটির সত্যতা যাচাই করার প্রয়োজনীয়তা ছিল।

সডি এবং তাঁর সহকারী এ. ক্রান্স্টন (A. Cranston) ইংল্যান্ডে একা-ট্যান্টালাম সম্বন্ধে গবেষণার দ্বিতীয় অধ্যায়টির কাজ করেছিলেন। তাঁরা ভাগ্যবান ছিলেন এবং 1917 সালের ডিসেম্বরে তাঁদের আবিষ্কৃত একা-

ট্যান্টালাম সম্বন্ধে একটি নিবন্ধ লিখেছিলেন যে, মৌলটি ইউরেনিয়াম-Y-এর থেকে বেটা কণা নির্গত হওয়ার ফলে উৎপন্ন হয়। জার্মান রসায়নবিদ ও. হান্ এবং এল. মেইটনের কর্তৃক দেওয়া একা-ট্যান্টালাম সম্বন্ধে বিবৃতির তুলনায় তাঁদের দেওয়া তথ্যগুলি নগণ্য ছিল।

জার্মানদ্বয়ের নিবন্ধটি আগে প্রকাশিত হলেও, ইংরেজ বিজ্ঞানীদের নিবন্ধটি ছাপার জন্য পেশ করার পরে এটি পেশ করা হয়েছিল। প্রকাশিত সব তথ্যগুলিই কিন্তু গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হয় না। হান্ এবং মেইটনের নতুন তেজস্ক্রিয় মৌলটি কেবলমাত্র আবিষ্কারই করেননি, তাঁরা এটির ধর্মের সম্ভাব্য সকল পরীক্ষাও করেছিলেন; মৌলটির অর্ধজীবনকাল তাঁরা নির্ণয় করেন এবং আলফা কণার গড় মুক্ত পথটিও পরিমাপ করেন। জার্মান ও ইংরেজ বিজ্ঞানীগণ 91 তম মৌলটির সহ আবিষ্কারক ছিলেন বলে বলা হয়, যদিও জার্মানদের অবদানটি নিঃসন্দেহে অনেক বেশী উল্লেখযোগ্য ছিল। ফাজানসের মহান মনোভাব দিয়ে আবিষ্কারের গল্পটি শেষ করা যেতে পারে, যিনি একা-ট্যান্টালামের আবিষ্কারের দাবী করেন নি (যদিও, এটি করার মত যথেষ্ট অধিকার তাঁর ছিল)। তিনি কেবলমাত্র ব্রেভিয়াম নামটি পরিবর্তন করে প্রোটোঅ্যাক্টিনিয়াম রাখার পরামর্শ দেন (গ্রীক ভাষায় যেটির মানে "অ্যাক্টিনিয়ামের পূর্ববর্তী"), যেহেতু পরের তেজস্ক্রিয় মৌলটি ছিল সুদীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক।

এই ভাবে পর্যায় সারণীতে Pa সংকেতটির আবির্ভাব ঘটেছিল। সবচেয়ে দীর্ঘ অর্ধজীবন বিশিষ্ট এটির সমস্থানিকটির ভর-সংখ্যা ছিল 231। 1927 সালে, কয়েক মিলিগ্রাম Pa_2O_5 নিষ্কাশিত হয়েছিল।

ফ্রান্সিয়াম

তেজস্ক্রিয় মৌলের ইতিহাসে 87 নম্বর মৌলটির একটি নিজস্ব স্থান আছে। প্রকৃতিতে এটির প্রাচুর্য্য যদিও অত্যন্ত নগণ্য, তবুও প্রাথমিকভাবে এটি প্রকৃতিতেই আবিষ্কৃত হয়। বইয়ের যে অংশে কৃত্রিম মৌলের সম্বন্ধে আলোচনা আছে, যেখানে আমরা এই মৌলটির গল্প বিশদভাবে বলবো; অনেক কারণেই সেটি ভালো হবে।

এখানে বইয়ের প্রথম অংশটি শেষ হলো।

দ্বিতীয় অংশ

সংশ্লেষিত মৌলসমূহ

বহুদিন পূর্বে মৌলের রূপান্তরের কল্পনাটা জন্ম নিয়েছিল। কিমিয়াবিদরা তাঁদের বিশেষ লক্ষ্যের জন্যে এই কল্পনাটিকে তুলে ধরেছিলেন। কিন্তু রূপান্তরের সকল প্রচেষ্টা অসার বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল। মৌলের রূপান্তরের সঠিক সম্ভাবনা সম্বন্ধে প্রশ্ন করা হয়েছিল, কারণ রসায়নশাস্ত্রটি তখন স্বতন্ত্র, পূর্ণাঙ্গ বিজ্ঞান রূপে আত্মপ্রকাশ করছিল এবং বস্তুর গঠন ও ধর্মের জ্ঞানটি সঞ্চিত হচ্ছিল। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষের দিকে একনিষ্ঠ বিজ্ঞানীগণ এই সমস্যাটি অগ্রাহ্য করেছিলেন, যদিও সঠিকভাবে খণ্ডন করতে সাহসী হননি।

শতাব্দীর প্রায় শেষকালে কিন্তু একটি ঘটনা ঘটেছিল, যেখানে এই প্রাকল্পিক ধারণাটি সম্বন্ধে বলা হয়েছিল যে, প্রকৃতিতে মৌলের রূপান্তর অবিরাম হচ্ছে। ঘটনাটা হলো তেজস্ক্রিয়তার আবিষ্কার। কিন্তু পর্যায় সারণীর প্রায় শেষ দিকের অল্প কিছু মৌলের ক্ষেত্রে এই রকম প্রাকৃতিক রূপান্তর ঘটে।

তেজস্ক্রিয় রূপান্তরটি মানুষের ইচ্ছার মুখাপেক্ষী ছিল না। প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় পদ্ধতিগুলিকে প্রভাবিত করার সকল প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল। পারমাণবিক গঠনের কেন্দ্রীণের নকশাটিকে যখন স্পষ্ট রূপদান করা হয়, এটা তখন পরিষ্কার হয়েছিল যে, তেজস্ক্রিয়তা কেন্দ্রীণের ঘটনা। কেন্দ্রীণের গঠনগত বৈশিষ্ট্য তেজস্ক্রিয় ভাঙ্গনের ক্ষমতা নির্ধারণ করে।

কেন্দ্রীণের আধান Z হলো একটি রাসায়নিক মৌলের স্থিতিমাপ। কেন্দ্রীণ থেকে আলফা বা বেটা কণা নির্গত হলে মৌলটির আধানের পরিবর্তন হয়, ফলে রাসায়নিক মৌলের স্বরূপটি পাল্টে যায়; একটি মৌল অন্য মৌলে রূপান্তরিত হয়। আমরা যদি স্থায়ী রাসায়নিক মৌল নিয়ে কাজ করি তবে এটির কেন্দ্রীণের আধান নিজের থেকে কখনও পরিবর্তিত

হয় না। পরিবর্তন ঘটতে পারে, যদি আমরা কোনভাবে এটির কেন্দ্রীণকে পুনর্গঠন করতে পারি, যেমন কেন্দ্রীণের প্রোটনের সংখ্যা বাড়িয়ে বা কমিয়ে। কেবলমাত্র তখনই কেন্দ্রীণের আধানের পরিবর্তন হবে এবং একটি রাসায়নিক মৌলের কৃত্রিম রূপান্তর সংঘটিত হবে।

মৌলের কৃত্রিম রূপান্তরটি প্রথম সংঘটিত করেন রাদারফোর্ড। 1919 খ্রিস্টাব্দে তিনি নাইট্রোজেনকে আলফা কণা দ্বারা আঘাত করেছিলেন এবং অক্সিজেন পরমাণু উৎপন্ন করেন। ইতিহাসে প্রথম এই কৃত্রিম পারমাণবিক বিক্রিয়াটিকে নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে বর্ণনা করা যায়:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

অথবা, সংক্ষেপে:

$$^{14}_{7}N\,(\alpha,\ p)\,^{17}_{8}O$$

অনেক দিন ধরে পারমাণবিক বিক্রিয়া ঘটাতে আলফা কণাই ছিল প্রাপ্তিসাধ্য একমাত্র উপায়। প্রাকৃতিক উপায় দ্বারা উৎপন্ন আলফা কণার শক্তির মাত্রা বেশি হয় না, অতএব, কেবলমাত্র অল্প সংখ্যক পরমাণুর কেন্দ্রীণকে এগুলি ভেদ করতে পারে এবং এই ধরনের ঘটনা অত্যন্ত বিরল। এই কারণে মৌলের কৃত্রিম রূপান্তরের প্রশস্ততা সীমাবদ্ধ ছিল। তৃতীয় দশকে দুটি আবিষ্কারের ফলে অবস্থাটির উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটেছিল। 1932 খ্রিস্টাব্দে, ইংরেজ বিজ্ঞানী জে. চ্যাড্উইক (J. Chadwick) নিউট্রন নামে একটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ কণা আবিষ্কার করেন। তড়িৎ-নিরপেক্ষ হওয়ার দরুণ, পারমাণবিক রূপান্তর ঘটাতে নিউট্রন সর্বজনীন যন্ত্র হিসেবে প্রমাণিত হয়েছিল, কারণ ধনাত্মক আধানে আহিত কেন্দ্রীণ এটিকে বিকর্ষিত করে না। দু'বছর পর ফরাসী পদার্থবিদ আইরিন (Irene) এবং ফ্রেডেরিক জোলিও-কুরি (Frederic Joliot-Curie) কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার করেন এবং একটি নতুন ধরনের তেজস্ক্রিয় রূপান্তর আবিষ্কার করেন। যেমন, পজিট্রন ভাঙ্গন। তার অর্থ পজিট্রন নিঃসরণ। এটি পরিষ্কার হয়ে গেলো যে, পারমাণবিক বিক্রিয়ার দ্বারা কৃত্রিম উপায়ে অনেক স্থায়ী মৌলের তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক উৎপন্ন করা যেতে পারে।

কৃত্রিম উপায়ে প্রচুর সংখ্যায় তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক উৎপাদন কিসের জন্যে সম্ভব হয়েছিল — এটা যে কেউ জিজ্ঞাসা করতে পারে। উত্তরটা হলো এই যে, এটা ছিল পদার্থবিদদের কাজ, যাঁরা পরিমাপনের জন্যে বিশেষ সূক্ষ্ম

যন্ত্রপাতি উদ্ভাবন করেন এবং পারমাণবিক বিক্রিয়া সংঘটিত করার জন্যে এবং গবেষণা করার জন্যে বিশেষ প্রকৌশলগুলি উন্নত করেন। এবং তাঁদের সঙ্গে রসায়নবিদরাও ছিলেন, যাঁরা কণামাত্র তেজস্ক্রিয় পদার্থদের পৃথক করার জন্যে পদ্ধতিসমূহ উদ্ভাবন করেন। এ ছাড়াও, কেন্দ্রীণকে আঘাত করতে পারে — এমন কণার সংখ্যা যথেষ্ট বৃদ্ধি পেয়েছিল; যেমন — আলফা কণা, প্রোটন এবং নিউট্রনের সঙ্গে ডয়ট্রন (হাইড্রোজেনের ভারী সমস্থানিকের কেন্দ্রীণ) হাত মেলায় এবং পরে অধিক আধানে আহিত বোরন, কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, নিয়ন ইত্যাদি মৌলের আয়নও যুক্ত হয়। অবশেষে, পদার্থবিদরা শক্তিশালী কণা-ত্বরক যন্ত্র নির্মাণ করেন, যে যন্ত্রে আহিত কণার ত্বরণ (গতি) অত্যন্ত বৃদ্ধি করা গিয়েছিল। নতুন কৃত্রিম মৌল সংশ্লেষিত করতে এই সব পদ্ধতি পথটিকে সুগম করেছিল।

অধ্যায় 12

পর্যায় সারণীর পুরোনো সীমার মধ্যে অবস্থিত সংশ্লেষিত মৌলের আবিষ্কারসমূহ

এই অধ্যায়ের শিরোনামা "পর্যায় সারণীর হারিয়ে যাওয়া মৌলের সংশ্লেষণ" রাখা যেতে পারতো। স্থায়ী মৌলের মধ্যে সবশেষে আবিষ্কৃত "রেনিয়াম" মৌলের পর পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেন থেকে ইউরেনিয়ামের মধ্যে চারটি মৌলকে (43, 61, 85 এবং 87 নম্বর) খুঁজে পাওয়া যায় নি। দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের আগে এগুলিকে সংশ্লেষিত করা হয় (বা এগুলিকে সংশ্লেষণ করার উদ্দেশ্যমূলক প্রচেষ্টা করা হয়)। যাহোক, এই চারিটি মৌলের সম্বন্ধে গবেষণা দিয়ে সংশ্লেষিত মৌলের ইতিহাসটি আরম্ভ করা যায়।

টেক্‌নেশিয়াম

পর্যায় সারণীর ওপর দিক থেকে ষষ্ঠ পর্যায় (যেখানে বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলি অবস্থিত) পর্যন্ত তুলনামূলকভাবে নির্ঝঞ্ঝাট বলে মনে হয়েছিল, বিশেষ করে, বর গ্যাস শ্রেণীটি আবিষ্কারের পথ, যেটি সমন্বয়পূর্ণ ভাবে পর্যায় সারণীর ডান দিকে অবস্থান করে। কোন একজন কখনও এখানে কোন রকম রোমাঞ্চকর আবিষ্কারের ধারণা করতে পারে না, এইটাই ছিল এর সম্পূর্ণ অর্থ। হাইড্রোজেন থেকে হাল্কা এবং হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের মধ্যবর্তী স্থানে উপস্থিত সম্ভাব্য মৌল সম্বন্ধেই কেবলমাত্র বিতর্কটি সীমাবদ্ধ ছিল। মোটের ওপর, গণিতজ্ঞদের আলোচনায় আমরা বলতে পারি যে, পর্যায় সারণীর এই অংশটিতে রাসায়নিক মৌলগুলি ক্রমপর্যায়ে বসানো ছিল।

অতএব, পর্যায় সারণীর পঞ্চম পর্যায়ে এবং সপ্তম শ্রেণীতে 43 নম্বর ঘরে এই অদ্ভুত শূন্যতাটি বেমানান এবং বিভ্রান্তিকর বলে মনে হয়েছিল। মেন্ডেলেয়েভ এই মৌলটির নাম রেখেছিলেন একা-ম্যাঙ্গানিজ এবং এটির

প্রধান ধর্মগুলি ভবিষ্যদ্বাণী করার চেষ্টা করেছিলেন। অনেক সময় মৌলটি আবিষ্কৃত হয়েছে বলে মনে হয়েছিল, কিন্তু তা ভুল বলে অচিরেই প্রমাণিত হয়। ইলমেনিয়ামের ক্ষেত্রে এই রকম হয়েছিল, 1846 খ্রিস্টাব্দে, রুশ রসায়নবিদ আর. হারমান (R. Hermann) যেটিকে আবিষ্কার করেন বলে বলা হয়। ইলমেনিয়ামকে একা-ম্যাঙ্গানিজ হিসেবে বিশ্বাস করতে এমনকি মেণ্ডেলেয়েভেরও ঝোঁক হয়েছিল। মলিবডেনাম এবং রুথেনিয়ামের মধ্যে ডেভিয়াম মৌলটিকে (অধ্যায় 10-এর শেষ দেখুন) রাখার পরমর্শ দেন, কিছু বিজ্ঞানী। এমনকি জার্মান রসায়নবিদ এ. রাং (A. Rang) পর্যায় সারণীর এই ঘরটিতে Dv সংকেতটি প্রতিস্থাপন করেন। 1896 খ্রিস্টাব্দে, পি. বারিয়েরে (P. Barriere) কর্তৃক কল্পনাপ্রসূত লুসিয়াম আবিষ্কার, উল্কার মত জ্বলে উঠে নিঃশেষিত হয়।

একা-ম্যাঙ্গানিজের প্রকৃত আবিষ্কারের আনন্দময় মুহূর্তটি দেখার জন্যে মেণ্ডেলেয়েভ বেঁচে ছিলেন না। 1908 খ্রিস্টাব্দে, তাঁর মৃত্যুর এক বছর পর জাপানি বিজ্ঞানী এম. ওগাওয়া (M. Ogawa) বিবরণ পেশ করেন যে, বিরল খনিজ মলিবডেনাইটে তিনি দীর্ঘ প্রতীক্ষিত মৌলটি আবিষ্কার করেছেন এবং নামকরণ করেন নিপোনিয়াম (জাপানের প্রাচীন নামের সম্মানার্থে)। দুঃখের বিষয়, পর্যায় সারণীতে নতুন মৌলের অবদানের ব্যাপারে এশিয়া আরও একবার অকৃতকার্য হয়। খুব সম্ভবত, ওগাওয়া হ্যাফনিয়াম নিয়ে কাজ করেছিলেন (যেটি পরে আবিষ্কৃত হয়)।

প্রতি বছর কিছু নতুন মৌলদের সঙ্গে রসায়নবিদরা পরিচিত হতে অভ্যস্ত ছিলেন এবং একা-ম্যাঙ্গানিজের ব্যাপারে তাঁরা কিন্তু কিংকর্তব্যবিমূঢ় হয়ে পড়েন। তাঁরা ভাবতে শুরু করেন যে, মেণ্ডেলেয়েভ ভুল করে থাকতে পারেন এবং ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ কোন মৌলের অস্তিত্ব নেই।

1913 খ্রিস্টাব্দে, এইচ. মোজলে (H. Mosley) এই ধারণাটিকে চূড়ান্তভাবে খণ্ডণ করেন। তিনি সুস্পষ্টভাবে দেখান যে, মৌলসমূহের মধ্যে এই সব অনুরূপ সদস্যগুলির নিজস্ব জায়গা আছে। 1925 খ্রিস্টাব্দে 5 সেপ্টেম্বর তারিখে ডাবলু. নোডাক, আই. ট্যাকে এবং ও. বার্গ একটি নিবন্ধে ঘোষণা করেন যে, পর্যায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে অবস্থিত 75 নম্বর (রেনিয়াম) মৌলের সঙ্গে এটির অনুরূপ হাল্কা মৌল মেসুরিয়ামকে তাঁরা আবিষ্কার করেছেন, যে মৌলটির নম্বর ছিল 43। রাসায়নিক পাঠ্য পুস্তক এবং নানা রকম বৈজ্ঞানিক নিবন্ধে দুটি নতুন সংকেত Ma এবং Re পর্যায় সারণীতে দেখা গিয়েছিল। মেসুরিয়াম এবং রেনিয়াম পূর্বে

আবিষ্কার করা যায় নি — এই ঘটনায়, কিছু অস্বাভাবিকতা আবিষ্কারকরা দেখেননি। মৌল দুটি যে খুব বিরল তা নয়, অন্য কারণের জন্যে এদুটির আবিষ্কারে দেরী হয়েছিল। কণা-মৌলের বিরাট শ্রেণীটি ভূ-রসায়নবিদদের জানা ছিল। সেই সমস্ত মৌলদের কণা-মৌল শ্রেণীতে রাখা হয়েছিল, যেগুলির নিজস্ব কোন খনিজ নেই বা প্রায় নেই। অন্য খনিজগুলিতে বিভিন্ন পরিমাণে এগুলি বিস্তৃত হয়ে থাকে, বিরাট এক অ্যাটোমাইজার যন্ত্রের সাহায্যে প্রকৃতি যেন এগুলিকে ছড়িয়ে দিয়েছে। এই কারণে, মেসুরিয়াম এবং রেনিয়ামের কণা-অবশেষকে সনাক্ত করা এত দুরূহ ছিল। অন্যান্য মৌলদের দারুণ প্রেক্ষাপটের বিরুদ্ধে এগুলিকে শক্তিশালী এক্স-রশ্মি বর্ণালি বিশ্লেষণই কেবলমাত্র সনাক্ত করতে পেরেছিল। প্রাচীনকালে একটা কথা প্রচলিত ছিল যে, দুটি মানুষ একই কাজ করলে তার মানে এই নয় যে তাদের ফলাফল অভিন্ন হতে হবে। দুটি আত্মজীবনী একই অবস্থায় আরম্ভ হলেও সেগুলি বিশেষ পথ অনুসরণ করে। 43 এবং 75 নম্বর মৌলের ভাগ্য সম্বন্ধে ঐ একই কথা বলা যায়। একজন দীর্ঘ পথ অতিক্রম করার পর তার নিজস্ব জায়গাটা পায়, ঠিক সেই সময় অন্যটি শীঘ্র ভুল বোঝাবুঝি এবং মতানৈক্যের গভীর বনে হারিয়ে যায়। মেসুরিয়ামের পথটি এই রকমই ছিল।

ডবলু. প্রান্ড্‌ট্‌ল সপ্তম শ্রেণীর শূন্য ঘরের প্রতি কৌতূহলী হয়েছিলেন। তাঁর নিজস্ব চিন্তাধারা ছিল এবং পর্যায় সারণীর গঠন সম্বন্ধে তিনি মৌলিক ধারণা দাখিল করেন। যদিও পর্যায় সারণীর নতুন সংস্করণটি তিনি সংকলিত করেননি। বিরলমৃত্তিকার প্রত্যেকটি মৌলকে একটি শ্রেণীতে রাখার অভিমতটি তিনি প্রকাশ করেন, যদিও সেই সময় বেশীভাগ রসায়নবিদরা এই রকম বিন্যাসটি বাতিল করে দিয়েছিলেন। প্রান্ড্‌ট্‌লের বর্ণনায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীটিতে ম্যাঙ্গানিজের তলায় তখনও অনাবিষ্কৃত মৌলের জন্যে চারটি শূন্য স্থান ছিল (এটি 1924 সালের ঘটনা), যেগুলির নম্বর ছিল 43, 61, 75 এবং 93। তিনি বিশ্বাস করতেন, এটি কোন অপ্রত্যাশিত ঘটনা ছিল না, একটি সাধারণ কারণ এগুলিকে আবিষ্কৃত হতে দিতে বাধা দিয়েছিল। কিন্তু, জার্মান বিজ্ঞানীর দেওয়া সারণীর গঠনটি ব্যাপক এবং কৃত্রিম হওয়ার জন্যে গৃহীত হয় নি। রেনিয়ামের চূড়ান্ত আবিষ্কারটি তাঁর ভুলের প্রথম নিদর্শন ছিল এবং সে সময় ইউরেনিয়ামোত্তর প্রথম মৌলের (93 নম্বর) সম্বন্ধে তাঁর ধারণাটির বিষয় সামান্যই চিন্তা করা হয়েছিল। কিন্তু, 43 এবং 61 নম্বর মৌলদুটির মধ্যে একটি নিবিড়

সম্বন্ধ ছিল বলে তাঁর স্বজ্ঞাত ধারণাটি সঠিক ছিল।

মেসুরিয়ামের অস্তিত্ব সম্বন্ধে বিশ্বাসটি ক্রমশ মিলিয়ে যাচ্ছিল। কেবল প্রাথমিক আবিষ্কারকরা এ বিষয়ে দৃঢ় ছিলেন। তৃতীয় দশক আরম্ভের পর থেকেই আই. নোডাক ক্রমাগত বলতে লাগলেন, যথাসময়ে 43 নম্বর মৌলটি ব্যাণিজ্যক ভিত্তিতে পাওয়া যাবে, যেমনটি ঘটেছে রেনিয়ামের ক্ষেত্রে। সময় যত যেতে লাগলো, রসায়নবিদরা হরেক রকম খনিজগুলিকে বিশ্লেষণ করে মেসুরিয়াম পেতে ক্রমাগত ব্যর্থ হতে লাগলেন। তাই, তাঁরা বিশ্বাস করতে আরম্ভ করলেন যে, নোডাকের ধারণাটি আধাআধি সত্যি, যেমন কেবলমাত্র রেনিয়ামের ক্ষেত্রে এটি সত্যি। মেসুরিয়ামের জন্যে বিরলতম খনিজের নমুনাটিও পরীক্ষা করা হয়েছিল। কিছু লোক এমন দাবীও করতে শুরু করলেন যে, মেসুরিয়ামের খনিজ তখনও পর্যন্ত খুঁজে পাওয়া যায়নি এবং খনিজটির ধর্ম অশ্রুত ছিল। বাস্তবিক, ভূ-রসায়নবিদরা সম্পূর্ণ সন্দেহপ্রবণ ছিলেন। কিন্তু লোকের কল্পনা এতদূর প্রসারিত হয়েছিল যে, মেসুরিয়াম তেজস্ক্রিয় মৌল ছিল বলে তাঁরা অভিমত দেন। অন্যেরা বলেছিলেন, এটা একটু বাড়াবাড়ি ছিল। এইটাই কিন্তু ছিল সুস্পষ্ট লক্ষ্য, যেটি ব্যর্থ হয় নি।

নিউক্লীয়ার পদার্থবিদ্যার ধারণা সম্বন্ধে কিছু বলা যাক। আমরা সমস্থানিক নিয়ে আলোচনা করেছি। এখন আইসোবার শব্দটির সঙ্গে আমাদের সাক্ষাৎ হবে — সমপারমাণবিক গুরুত্ব বা ভর বিশিষ্ট বিভিন্ন মৌলকে (যাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কে পার্থক্য থাকে) আইসোবার বলে (গ্রীক ভাষায় যার মানে "সমান ভারী")। কেন্দ্রীণের বিভিন্ন আধান বিশিষ্ট কিন্তু অভিন্ন ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট বিভিন্ন রাসায়নিক মৌলের সমস্থানিকদের, অন্যকথায়, আইসোবার বলে। উদাহরণস্বরূপ, পটাশিয়াম-40 এবং আর্গণ-40 নেওয়া যেতে পারে, যে দুটির কেন্দ্রীণের আধানের পার্থক্য আছে (আধান যথাক্রমে 19 এবং 20)। এগুলির ভর-সংখ্যাটি অভিন্ন, কারণ এগুলির কেন্দ্রীণে বিভিন্ন সংখ্যায় প্রোটন ও নিউট্রন থাকলেও সেগুলির মোট ভর সমান। পটাশিয়ামের কেন্দ্রীণে 19টি প্রোটন এবং 21টি নিউট্রন আছে, পক্ষান্তরে আর্গনের কেন্দ্রীণে 20টি প্রোটন এবং 20টি নিউট্রন আছে।

আইসোবারের ধারণাটি তাই বাজিকরের চাবিতে পরিণত হয়েছিল, যা দিয়ে মেসুরিয়াম রহস্যের দরজাটি খোলা হয়েছিল।

বেশীভাগ স্থায়ী রাসায়নিক মৌলের সমস্থানিক আছে বলে যখন দেখা গেল — প্রতি মৌলে প্রায় দশটি করে — তখন বিজ্ঞানীগণ সমস্থানিকের

নিয়ম নিয়ে গবেষণা আরম্ভ করেন। তৃতীয় দশকের শুরুতে জার্মান তত্ত্বীয় পদার্থবিদ জে. ম্যাটাউখ (Mattauch) এমন একটি সূত্র বার করেন (1924 খ্রিস্টাব্দে রুশ রসায়নবিদ এস. শুকারেভ (S. Shchukarev) এই সূত্রটির প্রাথমিক ভূমিকাটি লিপিবদ্ধ করেন)। সূত্রটিকে এই ভাবে বলা যায় যে, দুটি আইসোবারের মধ্যে যদি পারমাণবিক আধানের পার্থক্য একক হয় তবে ঐ দুটির মধ্যে একটি অবশ্যই তেজস্ক্রিয় মৌল হবে। উদাহরণস্বরূপ, ^{40}K — ^{40}Ar আইসোবার জোড়ার মধ্যে প্রথমটি মৃদু প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল এবং তথাকথিত K-আত্তীকরণের দ্বারা দ্বিতীয়টিতে রূপান্তরিত হয়।

অতঃপর ম্যাটাউখ মেসুরিয়ামের প্রতিবেশী সমস্থানিকদের ভর-সংখ্যাগুলি একটির সঙ্গে অন্যটির তুলনা করেন, তার অর্থ মলিবডেনাম (Z=42) এবং রুথেনিয়াম (Z=44):

Mo সমস্থানিকগুলি	94	95	96	97	98	—	100	—	—
Ru সমস্থানিকগুলি	—	—	96	—	98	99	100	101	102

এই তুলনাটি থেকে তিনি কী সিদ্ধান্ত করেছিলেন? ব্যাপার হল এই যে, 94 থেকে 102 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট দীর্ঘ অংশ 43 নম্বর মৌলের যে কোন সমস্থানিকের জন্যই নিষিদ্ধ অঞ্চল ছিল। অন্য কথায়, মেসুরিয়ামের কোন স্থায়ী সমস্থানিক বিরাজ করতে পারে না।

অবস্থাটি যদি সত্যিই এরকম হয় তবে, তারমানে হচ্ছে এই যে, পর্যায় সারণীতে 43 নম্বর মৌলটি এক বিশেষ ব্যতিক্রম। 43 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট সকল পরমাণগুলিই তেজস্ক্রিয় মৌলজাত হবে, যেন স্থায়ী মৌলের বিশাল সমুদ্রের মধ্যে এই সংখ্যাটাই ছিল অস্থায়ীত্বতার ছোট দ্বীপের ন্যায়। বিশুদ্ধ রাসায়নিক তত্ত্বের কাঠামোর মধ্যে এমন ভবিষ্যদ্বাণী করা, অবশ্যই অসম্ভব ছিল। মেন্ডেলেয়েভ যখন একা-ম্যাঙ্গানিজ সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন, তখন তিনি চিন্তাই করতে পারেননি যে, পর্যায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে অবস্থিত এই মৌলটির অস্তিত্ব পৃথিবীতে ছিলই না।

অবশ্য, সেই সময় (তৃতীয় দশকে) ম্যাটাউখের সূত্রটি প্রকল্প ছাড়া আর কিছুই ছিল না, কিন্তু সূত্র হওয়ার সম্পূর্ণ যোগ্য ছিল বলে মনে হয়েছিল। এবং এটি এরকমই হয়েছিল। পদার্থবিদদের ধারণাটি রসায়নবিদদের চোখ খুলে দিয়েছিল। 43 নম্বর মৌলটি আবিষ্কারের সকল

আশা তাঁদের শেষ হয়ে গিয়েছিল এবং তাঁরা তাঁদের ভুলের কারণগুলি দেখতে পেয়েছিলেন। কিছু সময় ধরে, পর্যায় সারণীর 43 নম্বর ঘরে Ma সংকেতটি ছিল, অবশ্য কোনরূপ কারণ ছাড়া ছিল না। ঠিক আছে মেসুরিয়ামের সমস্ত সমস্থানিকগুলি তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল। কিন্তু আমরা জানি, তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকগুলি পৃথিবীতে বিদ্যমান — ইউরেনিয়াম-238, থোরিয়াম-232, পটাশিয়াম 40। পৃথিবীতে এগুলিকে দেখতে পাওয়া যায় কারণ এগুলির সমস্থানিকদের অর্ধজীবনকাল দীর্ঘ বলে। মেসুরিয়ামের সমস্থানিকগুলিও কি দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট হতে পারে? তাই যদি হয়, তবে প্রকৃতিতে 43 নম্বর মৌলটির সফল গবেষণার সুযোগগুলি এত তাড়াতাড়ি বাতিল করা ঠিক নয়।

পুরোনো সমস্যাটি খোলাই ছিল। কে জানে কোন্ পথে মেসুরিয়ামের আত্মজীবনটি বাঁক নিতো, যদি না, নতুন যুগের সূচনা হতো, যেটি ছিল মৌলের কৃত্রিম সংশ্লেষণ।

সাইক্লোট্রন উদ্ভাবন এবং নিউট্রন ও কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কারের পরেই পারমাণবিক সংশ্লেষণটি সম্ভব হয়েছিল। তৃতীয় দশকের সময় জানা মৌলের কতকগুলি কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক সংশ্লেষিত হয়। এমনকি ইউরেনিয়ামের চেয়েও ভারী মৌলের বিবরণও ছিল। কিন্তু পর্যায় সারণীর মধ্যে অবস্থিত খালি ঘরগুলি পূরণ করার সাহস পদার্থবিদরা দেখান নি। নানা কারণ দ্বারা এটি ব্যাখ্যা করা হয়েছিল, কিন্তু পারমাণবিক সংশ্লেষণে প্রকৌশলগত জটিলতা ছিল এটির মুখ্য কারণ। একটি সুযোগ এ ব্যাপারে সাহায্য করেছিল। 1936 খ্রিস্টাব্দের শেষের দিকে নবীন ইটালিয়ান পদার্থবিদ ই. সেগ্রে (E. Segre) স্নাতকোত্তর কাজের জন্যে বার্ক্‌লে শহরে (আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্র) গিয়েছিলেন, যেখানে পৃথিবীর অন্যতম প্রথম সাইক্লোট্রন যন্ত্রটি সাফল্যের সঙ্গে কাজে লাগানো হয়েছিল। সাইক্লোট্রনটির একটি ছোট যান্ত্রিক উপাদান ছিল, যেটি ত্বরণযুক্ত আহিত কণার স্রোতকে লক্ষ্যবস্তুর ওপর আপতিত করে। কণার স্রোতের একটি অংশকে শোষণ করার ফলে উপাদানটি প্রচণ্ড উত্তপ্ত হয়ে ওঠে। তাই, এটিকে দুর্গল বস্তু, যেমন মলিবডেনাম, দ্বারা প্রস্তুত করতেই হয়েছিল।

মলিবডেনাম দ্বারা শোষিত আহিত কণা এটির মধ্যে পারমাণবিক বিক্রিয়া সংঘটিত করে এবং মলিবডেনামের কেন্দ্রীণটি অন্যান্য মৌলের কেন্দ্রীণে রূপান্তরিত হয়। পর্যায় সারণীর 43 নম্বর মৌলটির প্রতিবেশী মৌল হলো মলিবডেনাম। নিয়ম অনুসারে, ত্বরণ বিশিষ্ট ডয়ট্রনের স্রোত মলিবডেনাম

কেন্দ্রীণ থেকে মেস্যুরিয়াম কেন্দ্রীণ উৎপন্ন করে।

সেগ্রের চিন্তা কেবল এইটুকুই ছিল। তিনি ছিলেন সুযোগ্য তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদ এবং তিনি বুঝতে পেরেছিলেন যে মেস্যুরিয়াম যদি সত্যিই উৎপন্ন হয়, তবে কার্যত তা খুব নগণ্য পরিমাণে হবে এবং মলিবডেনাম থেকে এটিকে পৃথক করা অত্যন্ত দুরূহ জটিল কাজ। অতএব, তিনি বিকিরণবর্ষিত মলিবডেনামের নমুনাটি নিয়ে পালের্মো বিশ্ববিদ্যালয়ে চলে আসেন, যেখানে এই কাজের সহকারী হিসেবে রসায়নবিদ সি. পেরিয়েরে (C. Perrier) কে তিনি পেয়েছিলেন।

তাঁদের মোটামুটি সিদ্ধান্ত সম্বলিত ছোট একটি চিঠি লন্ডনের 'নেচার' জার্নালে উপস্থিত করার আগে তাঁদের দু'মাস ধরে কাজ করতে হয়েছিল। সংক্ষেপে, চিঠিতে ইতিহাসের প্রথম একটি নতুন রাসায়নিক মৌলের কৃত্রিম সংশ্লেষণটি সম্বন্ধে বিবৃতি ছিল। এটি হলো 43 নম্বর মৌল, পৃথিবীতে যার সম্বন্ধে ব্যর্থ গবেষণার জন্য বহু শতাব্দী ধরে অনেক বিজ্ঞানীর কঠোর পরিশ্রম নষ্ট হয়েছিল। বার্কলে শহরে অবস্থিত 'ইউনিভার্সিটি অব ক্যালিফোর্নিয়া'র প্রফেসর ই. লরেন্স (E. Lawrence), এই দুই আবিষ্কারককে একটি মলিবডেনাম পাত দেন, যেটির ওপর বার্কলে-সাইক্লোট্রন যন্ত্র দ্বারা ডয়ট্রনের বিকিরণ বর্ষিত করা হয়েছিল। পাতটিতে জোরাল তেজস্ক্রিয়তার মাত্রা দেখা গিয়েছিল, যেটি কোন একটি মাত্র পদার্থ দ্বারা সম্ভব নয়। অর্ধজীবনকালটি এমন ছিল যে, পদার্থগুলি জার্মেনিয়াম, নায়োবিয়াম, মলিবডেনাম এবং রুথেনিয়ামের তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক হতে পারে না। খুব সম্ভবত, সেগুলি 43 নম্বর মৌলের সমস্থানিক ছিল।

এই মৌলটির রাসায়নিক ধর্ম কার্যত যদিও অজানা ছিল, তাই সেগ্রে এবং পেরিয়ের এগুলিকে তেজস্ক্রিয় রসায়নের দ্বারা বিশ্লেষণ করতে চেষ্টা করেন। রেনিয়ামের সঙ্গে মৌলটির খুব নিকটসাদৃশ্য ছিল বলে প্রতিপন্ন হয় এবং রেনিয়ামের ন্যায় একই বৈশ্লেষিক বিক্রিয়া দেখায়। মলিবডেনাম ও রেনিয়ামকে পৃথক করার প্রকৌশল দ্বারা রেনিয়াম থেকে এটিকে পৃথক করা যেতে পারে।

1937 খ্রিস্টাব্দের 13 জুন তারিখে পালের্মোতে চিঠিটি লেখা হয়। এটি কোন ভাবেই চাঞ্চল্যকর ছিল না। সে আবিষ্কারকরা এটি নথিভুক্ত করতে চান মাত্র বলে বৈজ্ঞানিক মহল এটিকে মনে করেছিল। বিবৃত তথ্যগুলি খুব জোড়াতালি মারা ছিল, কিন্তু প্রত্যয় উৎপাদনের জন্যে তেজস্ক্রিয় রাসায়নিক বিশ্লেষণের বিশদ ও স্পষ্ট ফলাফলের প্রয়োজন ছিল।

কেবলমাত্র পরে সেগ্রে এবং পেরিয়ের বীর বলে স্বীকৃত হয়; বিকিরণবর্ষিত মলিবডেনাম থেকে তাঁরা মাত্র 10^{-10} গ্রাম নতুন মৌলটি নিষ্কাশিত করেন। বাস্তবিক পক্ষে, এই পরিমাণকে পূর্বে সনাক্ত করা যেত না। তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদরা এত কম পরিমাণ পদার্থ নিয়ে এর আগে আর কোন দিন কাজ করেননি। গ্রীক শব্দ, যার মানে "কৃত্রিম", থেকে আবিষ্কারকগণ নতুন মৌলটির নাম 'টেকনেশিয়াম' রাখার জন্যে অভিমত প্রকাশ করেন। অতএব, প্রথম সংশ্লেষিত মৌলের নামের থেকে এটির উৎসটি জানা যায়। দশ বছর পর নামটি সাধারণভাবে গৃহীত হয়।

পেরিয়ের এবং সেগ্রে বিকিরণ-বর্ষিত মলিবডেনামের নতুন নমুনা পেয়েছিলেন এবং তাঁদের গবেষণা চালিয়ে গিয়েছিলেন। তাঁদের আবিষ্কারটি অন্য বিজ্ঞানীগণও সমর্থন করেন। 1939 সালে, এটা জানা গিয়ে ছিল যে ডয়ট্রন বা নিউট্রন দিয়ে মলিবডেনামকে আঘাত করলে কম পক্ষে টেকনেশিয়ামের পাঁচ প্রকার সমস্থানিক উৎপন্ন হয়। এগুলির মধ্যে কোন কোনটির অর্ধজীবনকাল যথেষ্ট দীর্ঘ হওয়ায় নতুন মৌলটির উল্লেখযোগ্য রাসায়নিক ধর্মের গবেষণা করা সম্ভব হয়েছিল। "43 নম্বর মৌলের রসায়ন" সম্বন্ধে কিছু বলা আর অলীক বলে মনে হয়নি। কিন্তু টেকনেশিয়াম সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবনকাল সঠিকভাবে নির্ধারণ করার সকল প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয়েছিল। প্রাপ্ত ফলাফল হতাশাব্যঞ্জক ছিল কারণ কোনটির অর্ধজীবনকাল 90 দিন অতিক্রম করতে পারেনি এবং পৃথিবীতে মৌলটিকে খুঁজে পাওয়ার সকল আশা, এর ফলে শেষ হয়ে যায়।

অতএব তিনের দশকের পরে এবং চারের দশকের আগে টেকনেশিয়াম কী ছিল? উৎসুক বিজ্ঞানীদের জন্যে দামী খেলনা ছাড়া আর কিছু নয়। লক্ষ্য করার মত পরিমাণে সঞ্চিত হওয়ার যে কোন প্রত্যাশা, আপাতদৃষ্টে অনুপস্থিত ছিল। টেকনেশিয়ামের (এবং কেবলমাত্র এটির জন্য না) ভাগ্যটি ফিরেছিল যখন ধীর গতি সম্পন্ন নিউট্রনের সাহায্যে ইউরেনিয়াম বিভাজনের ন্যায় একটি বিস্ময়কর প্রক্রিয়াটি পারমাণবিক (নিউক্লিয়ার) পদার্থবিজ্ঞান আবিষ্কার করে।

ধীরগতি সম্পন্ন নিউট্রন ইউরেনিয়াম-235 কেন্দ্রীণকে আঘাত করলে কেন্দ্রীণটি দুটি খন্ডে বিভক্ত হয়ে যায়। প্রতিটি খন্ড পর্যায় সারণীর মধ্যভাগে অবস্থিত মৌলের কেন্দ্রীণ হয়, যাতে টেকনেশিয়ামের সমস্থানিকও উপস্থিত থাকে। তাই, বিভাজন রিএ্যাক্টর (বৃহদায়তন পারমাণবিক শক্তি

উৎপাদন যন্ত্র) সমস্থানিক উৎপাদনের কারখানা বলে পরিচিত হয়েছে অকারণে নয়।

সাইক্লোট্রন দ্বারা টেকনেশিয়ামের প্রথম সংশ্লেষণটি সম্ভব হয়েছিল এবং বিভাজন রিএ্যাক্টর দ্বারা রাসায়নবিদরা কিলোগ্রাম পরিমাণ টেকনেশিয়াম প্রস্তুত করতে পেরেছেন। প্রথম বিভাজন রিএ্যাক্টর চালু হবারও আগে সেগ্রে, 1940 খ্রিস্টাব্দে, তাঁর গবেষণাগারে ইউরেনিয়ামের বিভাজিত পদার্থগুলির মধ্যে 99 ভর-সংখ্যাবিশিষ্ট টেকনেশিয়ামের সমস্থানিক আবিষ্কার করেছিলেন। বিভাজন রিএ্যাক্টরে নতুন জন্মস্থান হওয়ার পর টেকনেশিয়াম প্রতিদিনের প্রয়োজনীয় (যতই অবাস্তব মনে হোক) মৌল রূপে পরিণত হতে আরম্ভ করে। প্রকৃতপক্ষে, একগ্রাম ইউরেনিয়াম-235-এর বিভাজনের ফলে 26 মিলিগ্রাম টেকনেশিয়াম-99 পাওয়া যায়।

বিরল পাখী বলে টেকনেশিয়াম যখনি আর বিবেচিত হলো না, তখনি বিজ্ঞানীগণ অনেক প্রশ্নের উত্তর পেয়েছিলেন, যেগুলি তাঁদের হতবুদ্ধি করে তুলেছিল, এবং যেগুলির মধ্যে প্রথম ছিল এটির সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবনকাল। পাঁচের দশকের প্রারম্ভে এটি স্পষ্ট হয়ে গিয়েছিল যে, টেকনেশিয়ামের তিনটি সমস্থানিক এটির অন্যান্য সমস্থানিকের তুলনায় শুধুমাত্র নয়, অন্যান্য প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের সমস্থানিকের তুলনায়ও অস্বাভাবিক রকমের দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট হয়। টেকনেশিয়াম-99-এর অর্ধজীবনকাল 212000 বছর, টেকনেশিয়াম 98-এর অর্ধজীবনকাল 15 লক্ষ বছর, টেকনেশিয়াম-97-এর আরো বেশী — প্রায় 2600 000 বছর। এই সংখ্যাগুলি বিশাল হলেও পৃথিবী সৃষ্টির সময় থেকে অস্তিত্ব বজায় রাখার পক্ষে প্রাথমিক টেকনেশিয়ামের জীবন যথেষ্ট দীর্ঘ ছিল না। প্রাথমিক টেকনেশিয়াম পৃথিবীতে টিঁকে থাকতে হলে, এটির অর্ধজীবনকাল 15 কোটি বছরের কম হলে চলবে না। এর ফলে পৃথিবীতে টেকনেশিয়ামকে খোঁজার সকল প্রচেষ্টা অবশ্যই ব্যর্থতায় পর্যবসিত হয়েছিল।

কিন্তু, প্রাকৃতিক পারমাণবিক বিক্রিয়ার দ্বারা টেকনেশিয়াম এখনও উৎপন্ন করা যেতে পারে, যেমন মলিবডেনামকে নিউট্রনের দ্বারা আঘাত করে। কেমন করে মুক্ত নিউট্রন পৃথিবীতে আবির্ভূত হবে? ইউরেনিয়ামের স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজন দ্বারা নিউট্রন উৎপন্ন হতে পারে। ওপরে বর্ণিত পদ্ধতিটি কেবলমাত্র স্বতঃস্ফূর্তভাবে সংঘটিত হয় এবং দুটি বড় খণ্ড (হাল্কা মৌলের কেন্দ্রীণ) উৎপন্ন হওয়া ছাড়াও কিছু সংখ্যক নিউট্রন উৎপন্ন হয়।

মলিবডেনাম আকরিককে টেকনেশিয়ামকে খুঁজে বার করার চেষ্টা ব্যর্থতায় পর্যবসিত হলে, বিজ্ঞানীগণ অন্য সম্ভাবনার দিকে তাঁদের দৃষ্টি ফিরিয়েছিলেন। টেকনেশিয়াম সমস্থানিকগুলি যদি বিভাজন রিএ্যাক্টরে উৎপাদিত হতে পারে, স্বতঃস্ফূর্ত ইউরেনিয়াম বিভাজনের প্রাকৃতিক প্রক্রিয়া দ্বারা কেন তবে এগুলি উৎপাদিত হতে পারবে না?

পৃথিবীতে ইউরেনিয়াম উৎসের (20 কিলোমিটার গভীরতা বিশিষ্ট ভূত্বকে ইউরেনিয়াম প্রাপ্তির গড় সংখ্যাটি নিয়ে) ভিত্তিতে এবং বিভাজন রিএ্যাক্টরের ক্ষেত্রে যে অনুপাতে টেক্‌নেশিয়াম উৎপন্ন, সেই অনুপাতে ধরে নিলে, গণনায় দেখানো যায় যে, মাত্র 1·5 কিলোগ্রাম টেকনেশিয়াম পৃথিবীতে আছে। এই রকম কম পরিমাণকে (যদিও এটি অন্যান্য সংশ্লেষিত মৌলের তুলনায় অনেক বেশী) গুরুত্ব সহকারে বড় একটা নেওয়া যায় না। যাহোক, ইউরেনিয়াম খনিজ থেকে প্রাকৃতিক টেকনেশিয়ামকে নিষ্কাশিত করতে বিজ্ঞানীগণ চেষ্টা করেছিলেন। আমেরিকার রসায়নবিদ বি. কেন্নে (B. Kenne) এবং পি. কুরোডা (P. Kuroda), 1961 খ্রিস্টাব্দে এই কাজটি করেন। এইভাবে, টেকনেশিয়াম অন্য একটি জন্ম তারিখও অর্জন করেছিল — যেদিন এটি প্রকৃতিতে আবিষ্কৃত হয়। কৃত্রিমভাবে টেক্‌নেশিয়াম সংশ্লেষণ যদি কার্যকর না-ও হত, আজ না হয় কাল এটি পৃথিবীর বুক থেকে আত্মপ্রকাশ করতো।

কিন্তু দশ বছর আগে 1951 সালে, 43 নম্বর মৌল সম্বন্ধে একটি চাঞ্চল্যকর খবর শোনা গিয়েছিল। আমেরিকার জ্যোতির্বিদ এস. মুর (S. Moore) সৌর বর্ণালিতে টেকনেশিয়ামের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ রেখা আবিষ্কার করেন। টেকনেশিয়ামের বর্ণালিটি তৎক্ষণাৎ লিপিবদ্ধ করে নেওয়া হয়, যখন এটি সম্ভব হয়েছিল, তার মানে যখন মৌলটি যথেষ্ট পরিমাণে উৎপন্ন হয়েছিল। নোডাকদ্বয় এবং বার্গ কর্তৃক বিবৃত মেসুরিয়ামের বর্ণালির সঙ্গে এই বর্ণালিটির তথ্যগুলি তুলনা করা হয়েছিল। বর্ণালিটি সম্পূর্ণ আলাদা ছিল বলে প্রতিপন্ন হয় এবং মেসুরিয়ামের আবিষ্কারকদের ভুলটি এর ফলে অবশেষে পরিষ্কার হয়ে যায়। সৌর টেকনেশিয়ামের বর্ণালিটি পার্থিব টেকনেশিয়ামের বর্ণালিটির সঙ্গে অভিন্ন ছিল। আপাত-দৃষ্টে হিলিয়ামের সঙ্গে সাদৃশ্য ছিল: পৃথিবীতে আবিষ্কৃত হবার আগে দুটি মৌলই সূর্য থেকে খবর পাঠিয়েছিল। এটা সত্যি যে, সৌর টেকনেশিয়াম সম্বন্ধে তথ্যগুলির ব্যাপারে জ্যোতির্বিদগণ প্রশ্ন তুলেছিলেন। কিন্তু 1952 খ্রিস্টাব্দে মহাজাগতিক টেকনেশিয়াম আর একবার সংবাদ পাঠিয়েছিল যখন ইংরেজ

জ্যোতির্পদার্থবিদ পি. মেরিল (P. Merril), আর. অ্যান্ড্রোমেডা (R. Andromedae) এবং মিরা সেটি (Mira Ceti) কাবিত্বময় নাম বিশিষ্ট দুটি নক্ষত্রের বর্ণালিতে টেকনেশিয়ামের রেখা আবিষ্কার করেন। এই সব রেখার তীব্রতা প্রমাণ করে যে, ঐ নক্ষত্রগুলিতে টেকনেশিয়ামের পরিমাণ, পর্যায় সারণীতে এটির প্রতিবেশী সদস্য যেমন, নায়োবিয়াম, জার্কোনিয়াম, মলিবডেনাম, রুথেনিয়াম, রেডিয়াম এবং প্যালাডিয়ামের পরিমাণের কাছাকাছি ছিল। এই সকল মৌলগুলি স্থায়ী মৌল, পক্ষান্তরে টেকনেশিয়াম তেজস্ক্রিয় মৌল। যদিও এটির অর্ধজীবন কালটি তুলনামূলকভাবে দীর্ঘ তবু মহাজাগতিক স্কেলে এটি নগণ্য ছিল। অতএব, নক্ষত্রে টেকনেশিয়ামের উপস্থিতিটার একমাত্র মানে ধরা যেতে পারে যে, নানাবিধ পারমাণবিক বিক্রিয়ার দ্বারা এটি সেখানে তখনও সৃষ্টি হচ্ছে। নক্ষত্রগুলিতে রাসায়নিক মৌলগুলি প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত হয়েই চলেছে। একজন রসিক জ্যোতির্পদার্থবিদ সৃষ্টি রহস্যতত্ত্বগুলির প্রকৃত পরীক্ষাটি টেকনেশিয়াম নামে অভিহিত করেন। অতএব, এখন মৌলের উৎপত্তির যে কোন তত্ত্বকে, পারমাণবিক বিক্রিয়া দ্বারা নক্ষত্রে টেকনেশিয়াম উৎপাদন ক্রমটি বিশদভাবে অবশ্যই ব্যাখ্যা করতে হবে।

প্রোমেথিয়াম

একটি বিরল মৃত্তিকা মৌলের ইতিহাসটি এতই অস্বাভাবিক যে এককভাবে আলোচনা করার যোগ্যতা এটির আছে। এখন যা জানা গেছে, তাতে প্রকৃতিতে প্রোমেথিয়াম বাস্তবিকপক্ষে অনুপস্থিত (আমরা বাস্তবিক পক্ষে লিখছি, কিন্তু সম্পূর্ণভাবে বলছি না এবং কেন বলছিনা তা পরে পরিষ্কার হবে)। পারমাণবিক সংশ্লেষণ দ্বারা 61 নম্বর মৌলটি আবিষ্কৃত হওয়ার পূর্বে ঘটনাটি ঘটেছিল, যে ঘটনাটিকে কেবলমাত্র বিস্ময়কর বলে বর্ণনা করা যায়।

মোজলের কাজের দ্বারা এটা পরিষ্কার হয়ে গিয়েছিল যে নিয়োডিমিয়াম এবং সামারিয়ামের মধ্যে একটি অজ্ঞাত মৌল আছে। কিন্তু অবস্থাটি স্পষ্ট ছিল না বলে প্রতিপন্ন হয় এবং 61 নম্বর মৌলের ইতিহাসে নাটকীয় ঘটনা তাড়াতাড়িই ঘটেছিল।

নতুন মৌল আবিষ্কারের ব্যাপারে নতুন পৃথিবী ভাগ্যবান ছিল না। এটি সত্য ঘটনা যে, এই শতাব্দীর দ্বিতীয় দশক পর্যন্ত জানা সকল মৌল (প্রাচীনকাল থেকে জানা মৌলগুলি বাদে) ইউরোপিয় বিজ্ঞানীগণ আবিষ্কার



ই. রাদারফোর্ড

করেন। এই কারণে. 1926 খ্রিটাব্দে চিকাগোর রসায়নবিদ বি. হপকিন্স (B. Hopkins), এল. ইনটেমা (L. Intema) এবং জে. হারিস (J. Harris) কর্তৃক 61 নম্বর মৌলটি আবিষ্কারের ঘটনাটি জেনে আমেরিকার বৈজ্ঞানিক মহল বিশেষ করে আনন্দিত হয়েছিল।

1913 খ্রিস্টাব্দ থেকে বিভিন্ন দেশের বিজ্ঞানীগণ এই ছলনাকারী বিরল মৃত্তিকা মৌলটিকে ঐকান্তিকভাবে খুঁজতে শুরু করেছিলেন এবং তাঁরা এটিকে আগে খুঁজে পাননি, এটা অবাক কান্ড বলে মনে হয়েছিল। বাস্তবিক পক্ষে, ভূ-রসায়নবিদরা দেখিয়েছিলেন যে, সেরিয়াম মৌলসমূহ বলে পরিচিত বিরলমৃত্তিকা পরিবারের প্রথম অর্ধের মৌলগুলির (ল্যান্থানাম থেকে গ্যাডোলিনিয়াম পর্যন্ত) প্রকৃতিতে প্রাচুর্য, দ্বিতীয় অর্ধের ইট্রিয়াম শ্রেণীর (টারবিয়াম থেকে লুটেসিয়াম পর্যন্ত) মৌলের প্রাচুর্য্যের তুলনায় অনেক বেশী হয়। ইট্রিয়াম শ্রেণীর সব মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়েছিল, যখন সেরিয়াম পরিবারের নিয়োডিনিয়াম এবং সামারিয়ামের মধ্যবর্তী ঘরটি শূন্য থেকে গিয়েছিল।

সোজাসুজি ব্যাখ্যাটা ছিল এই যে, 61 নম্বর মৌলটি কেবলমাত্র বিরল মৌলই ছিল না, বিরলতম মৌল ছিল। অন্যান্য বিরলমৃত্তিকা মৌলের তুলনায় এই মৌলটির প্রাচুর্য অনেক অনেক কম ছিল এবং পার্থিব খনিজে (বস্তুতে) এটির কণা পরিমাণটি সনাক্ত করার মত উপস্থিত বৈশ্লেষিক

পদ্ধতিগুলি সেই সময় ততটা সূক্ষ্ম ছিল না। এই কাজের জন্যে নতুন আরো সূক্ষ্ম পদ্ধতির প্রয়োজন।

61 নম্বর মৌলটি যে খনিজে পাওয়া যেতে পারে বলে মনে হয়েছিল সেই সব খনিজের গবেষণায় আমেরিকার রসায়নবিদরা এক্স-রশ্মি এবং আলোকীয় বর্ণালি বীক্ষণ প্রকৌশলগুলি কাজে লাগিয়েছিলেন। বিরলমৃত্তিকা মৌলের ছন্দোবদ্ধ ইতিহাসে বলা যেতে পারে যে আমেরিকানরা যে পথটি নিয়েছিলেন তাতে নানান ঝঞ্ঝাট ছিল কারণ বিরলমৃত্তিকার রাহুগ্রস্ত গবেষণার ওপর বর্ণালি বিশ্লেষণ সব সময় কার্যকরী হয়নি যদিও এটি তাঁদের কাছে নানারকম সুবিধে এনে দিয়েছিল। কয়েক দশক আগেও বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতিটি যত নড়বড়ে ছিল, বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয় দশকে কিন্তু তত নড়বড়ে ছিল না এবং যে কোন মৌলের এক্স-রশ্মি বর্ণালিটি মোজলের সূত্রের সাহায্যে ভবিষ্যদ্বাণী করা যেতো।

আমেরিকান রসায়নবিদরা কঠোর পরিশ্রম করেছিলেন, নানাবিধ খনিজের বহু নমুনা বিশ্লেষণ করে এবং 1926 সালের এপ্রিল মাসে 61 নম্বর মৌলের আবিষ্কারটি ঘোষণা করেন। কিন্তু তাঁরা মৌলটির একদানাও নিষ্কাশিত করতে পারেননি এবং এক্স-রশ্মি ও আলোকীয় বর্ণালি তথ্যের সাহায্যে এটির অস্তিত্বের সিদ্ধান্ত করেন।

ইলিনয়িস বিশ্ববিদ্যালয়ের সম্মানার্থে আবিষ্কারকরা মৌলটির নামকরণ করেন ইলিনিয়াম এবং পর্যায় সারণীর 61 নম্বর ঘরটিতে Il সংকেতটি স্থান গ্রহণ করে। কিন্তু ঠিক ছয় মাস পর 61 নম্বর ঘরে একটি নতুন দাবীদার খ্যাতির আলোয় এসেছিল। এল. রোলা (L. Rolla) এবং এল. ফার্নাণ্ডেস (L. Fernandes) নামে দুই ইটালিয়ান বিজ্ঞানী এটি আবিষ্কার করেন এবং তাঁরা এটির নামকরণ করেন ফ্লোরেন্সিয়াম (Fl)। অভিযোগে প্রকাশ যে, আমেরিকানদের থেকে তাঁরা দুবছর আগে 61 নম্বর মৌলটি আবিষ্কার করেন, কিন্তু কোন অপ্রকাশিত কারণের জন্যে আবিষ্কারটি ঘোষণা করতে ব্যর্থ হন। তাঁদের আবিষ্কারের বিষয়টি তাঁরা খামে পুরে সীলমোহর করেছিলেন এবং ফ্লোরেন্স অ্যাকাডেমিতে নিরাপদ রক্ষণাগারে রেখে দিয়েছিলেন।

বিভিন্ন লোক যদি বিভিন্ন উপায়ে অভিন্ন ফলাফল পায় তবে ফলাফলটি খাঁটি ছিল বলে মনে করা যেতে পারে। আমেরিকানদের ন্যায় ইটালিয়ানগণ কেবলমাত্র আনন্দিত হতে পারতেন। অগ্রাধিকারের প্রশ্নে, বিজ্ঞানে এটি নতুন কিছু নয়। কিন্তু 61 নম্বর মৌলের অভিযুক্ত আবিষ্কারকদের কেউই চিন্তা

করতে পারেন নি যে অগ্রাধিকার ব্যাপারে তাঁদের যুক্তি শীঘ্র অনাবশ্যক হয়ে দাঁড়াবে এবং পর্যায় সারণীতে 61 নম্বর ঘরে Il ও Fl সংকেতের অবস্থান অবৈধ বলে দেখানো গিয়েছিল।

ঘটনাগুলি অনুসরণ করতে আমরা বেশীদূরে আর যাবো না কিন্তু ঘটনাগুলির কিছু পূর্বে মাত্র এগুলি অজ্ঞাত ছিল। 61নম্বর মৌলের আবিষ্কারকদের বিবরণটি এই সব কথা দিয়ে শুরু হয়েছিল: "যতক্ষণ না মোজলের সূত্র দিয়ে দেখানো গিয়েছিল, ততক্ষণ নিয়োডিমিয়াম ও সামারিয়ামের মধ্যবর্তী মৌলের অস্তিত্বটা ধরে নেওয়াতে সত্যি সত্যি কোন কারণ ছিল না।" বৈজ্ঞানিক বিবরণের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ নিরস ধরন, সব জিনিসই নির্ভুল বলে মনে হয়। কিন্তু...

কোন এক বিশেষ বিজ্ঞানীর নিবন্ধে মৌলের তালিকার হাতে লেখা পাণ্ডুলিপির মার্জিনে জার্মান ভাষায় (দয়া করে, অভিধানে এটি এখনও দেখবেন না) নিম্নলিখিত উল্লেখযোগ্য সিদ্ধান্তটি দেখা গিয়েছিল (কিছু পরে আমরা নামটা জানাবো): "NB. 61 ist das Von mir 1902 Vorhergesagte fehlende Elemente."

61 নম্বর মৌলের প্রকৃত ইতিহাসে যে ব্যক্তির নাম বিশেষ লক্ষণীয়ভাবে উপস্থাপিত করা উচিত, সেই ব্যক্তির সঙ্গে আমাদের এই বইয়ের পাতার মধ্যে ইতিমধ্যে সাক্ষাৎ লাভ হয়েছে। ইনি হলেন চেক বিজ্ঞানী এবং মেণ্ডেলেয়েভের বন্ধু বোগুস্লাভ ব্রাউনের (Boguslav Brauner), যিনি বিরলমৃত্তিকা মৌলের রসায়নের সম্বন্ধে একজন পারদর্শী ছিলেন।

ইলিনিয়াম আবিষ্কৃত হয়েছিল এবং আবিষ্কারকগণ অভিনন্দন গ্রহণ করেছিলেন এবং অন্যান্য দেশের বিজ্ঞানীদের দ্বারা আবিষ্কারটি দ্বিতীয়, তৃতীয়, চতুর্থ বার সমর্থিত হয়েছে বলে জেনেছিলেন। 61 নম্বর মৌলটির বংশ পরিচয়টি এই ভাবে আরম্ভ করা যেতে পারে: "মোজলে ভবিষ্যদ্বাণী করেন এবং আমেরিকান রসায়নবিদরা আবিষ্কার করেন।" কিন্তু 1926 সালের নভেম্বরে নেচার পত্রিকার পাতায় একটি অপ্রত্যাশিত বেসুরো ধ্বনি শোনা গিয়েছে। এটি ব্রাউনেরের ছাড়া অন্য কারুর ছিল না। তিনি তাঁর আমেরিকান সহকর্মীদের অভিনন্দন জানিয়েছিলেন, কিন্তু তাঁদের বিবরণের উল্লিখিত সূচনাটির সঙ্গে একমত ছিলেন না বলে উল্লেখ করেন। তিনি এই বলে যুক্তি দেখান যে, আমেরিকান না ইটালিয়ান, কে প্রথম 61 নম্বর মৌলটি আবিষ্কার করেছেন সেটা প্রকৃত গুরুত্বপূর্ণ ছিল না; দ্বিতীয় দশকে বিজ্ঞানীগণ ক্রমশ বুঝতে পারছিলেন যে আবিষ্কার এটি একটি

খাঁটি প্রকৌশলগত ব্যাপার। সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হলো কে নতুন মৌলটির সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। এটি কি মোজলে করেছিলেন? না, ঘোষণা করেছিলেন চেক বিজ্ঞানীটি। তা হলে কে? অবশ্যই, তিনি নিজে, বোগুস্লাভ ব্রাউনের...।

তিনি বিনয়ী ছিলেন না বলে যদি আমরা ভাবি, তবে সত্য থেকে আরো বিচ্যুত হবার কিছু ছিল না। তাঁর দাবীটি প্রতিষ্ঠিত ছিল, বিরলমৃত্তিকা সম্বন্ধে গবেষণায় তাঁর অগাধ অভিজ্ঞতা, পর্যায় তন্ত্রের মূল নীতি সম্বন্ধে তাঁর গভীর উপলব্ধি, অত্যন্ত সদৃশ বিরলমৃত্তিকা মৌলের শ্রেণীতে ধর্মের সামান্য পার্থক্যকে তিনি গভীরভাবে উপলব্ধি করতে পারতেন এবং অবশেষে একান্তভাবে উৎসর্গকৃত গবেষকের স্বতঃলব্ধ জ্ঞান তাঁর ছিল।

প্রশংসার এই শব্দগুলি ঘটনার দ্বারা অবশ্যই প্রমাণ করা উচিত। 1882 সালে আমরা ফিরে যাই। কে. মোসান্ডারের (K. Mosander) পুরোনো ডাইডিমিয়ামের মৃত্যু ঘনিয়ে আসে। পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন এটির থেকে সামারিয়াম নামে একটি নতুন মৌল ইতিমধ্যে নিষ্কাশিত করেন। অবশেষটিকে বি. ব্রাউনের বিশেষ সর্তকতার সঙ্গে বিশ্লেষণ করেন এবং অত্যন্ত জটিল রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে এটির থেকে বিভিন্ন পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট তিনটি অংশ পৃথক করেন। একাধিক কারণের জন্যে তাঁকে তাঁর কাজটিকে বন্ধ করতে হয় এবং 1885 খ্রিস্টাব্দে কে. অউয়র ভন ওয়েলসবাখ, চেক বিজ্ঞানীকে নাগালের মধ্যে ধরে ফেলেন। পুরোনো ডাইডিমিয়ামের মত্যু হয় এবং প্রাসিয়োডিমিয়াম এবং নিয়োডিমিয়াম আবির্ভূত হয়, ব্রাউনের প্রথম এবং তৃতীয় অংশ। কিন্তু মধ্যবর্তী দ্বিতীয় অংশটির কি হয়েছিল? না, এটির সময় তখনও হয় নি। বিরলমৃত্তিকা মৌলের রসায়নটি অশান্ত অবস্থায় ছিল। নতুন মৌল আবিষ্কারের ভ্রান্ত আবিষ্কারগুলির কর্দমাক্ত ধারায় পর্যায় তন্ত্রটি সন্দেহের সঙ্গে যথার্থই ভেসে যাচ্ছিল। কিন্তু জীবন বয়ে যাচ্ছিল। বিরলমৃত্তিকার বিশৃঙ্খলাটি ক্রমশ কমে আসছিল এবং জানা বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলি একটি বিন্যাসিত শ্রেণী গঠন করে। এখন ব্রাউনের লক্ষ্য করেন যে, নিয়োডিমিয়াম এবং সামারিয়ামের পারমাণবিক ভরের মধ্যে পার্থক্যটা বরং একটু বেশীই ছিল; প্রতিবেশী যে কোন দুটি বিরলমৃত্তিকা মৌলের পার্থক্যের চেয়েও এটি বেশী ছিল। বিরলমৃত্তিকা সম্বন্ধে তাঁর অসাধারণ জ্ঞান ব্রাউনেরকে জানিয়েছিল যে, নিয়োডিমিয়াম ও সামারিয়ামের মধ্যবর্তী অংশে বিরলমৃত্তি-কা মৌলের ধর্মের পরিবর্তনশীল ধারাবাহিকতার মধ্যে বিচ্ছেদ আছে।

অবশেষে, তাঁর 1882 সালের কাজটি তিনি স্মরণ করেন। সমাধানটি নকশার সঙ্গে খাপ খেয়ে গিয়েছিল এবং এটি পূর্বাশঙ্কার দিকে নিয়ে গিয়েছিল এবং এমনকি সন্দেহাতীতভাবে নিয়ে গিয়েছিল যে নিয়োডিমিয়াম ও সামারিয়ামের মধ্যে একটি অজ্ঞাত মৌলকে পাওয়া যেতে পারে। কিন্তু ব্রাউনের তাঁর বন্ধু মেণ্ডেলেয়েভের ন্যায় সিদ্ধান্ত নিতে কখনো তাড়াহুড়ো করতেন না। এটি ছিল 1901 সাল যখন তিনি পর্যায় সারণীতে বিরলমৃত্তিকা মৌলদের অবস্থান সম্বন্ধে তাঁর দৃষ্টিভঙ্গির কথা বলার সময় নিয়োডিমিয়াম এবং সামারিয়ামের মধ্যবর্তী অংশে একটি খালি ঘর রেখেছিলেন। তাঁর মতে লেখা মৌলের তালিকার মার্জিনে তিনি যে মন্তব্য লিখেছিলেন সেটির ভাষান্তরটি আমরা এখন দিতে পারি। লেখা ছিল, "61 তম মৌলটি অনুপস্থিত মৌল, যেটি আমি 1902 সালে ভবিষ্যদ্বাণী করি।"

বিবরণীটি সরাসরি রাখার জন্যে, নেচার পত্রিকার তাঁর ছোট চিঠিটি ব্রাউনেরের একটি প্রচেষ্টা ছিল। 61 নম্বর মৌলটির ইতিহাস লেখার জন্যে এটি বিজ্ঞান-ইতিহাসবেত্তাদের কাজ সরল করেছিল বলে মনে হয়। যেটি প্রকৃত বিরাজ করছে এমন বিষয় নিয়ে কাজ করলে তবেই কেবলমাত্র ইতিহাসটি অর্থপূর্ণ হয়। যেমন ইলিনিয়াম সম্বন্ধে, মৌলটি তখনও জন্মগ্রহণ করছে বলে প্রতিপন্ন হয়।

যখন চড়া মেজাজের লোকেরা পর্যায় সারণীর 61 নম্বর ঘরে Il সংকেতটি রাখার জন্যে প্রাণপণে চেষ্টা করে যাচ্ছিল তখন সতর্ক সমালোচকরা আবিষ্কারটিকে মিলিয়ে নিতে চেষ্টা করে যাচ্ছিলেন। তাঁদের মধ্যে প্রথম সতর্কতার সঙ্গে পরীক্ষা করেন প্রাণ্ড্ট্ল্, যাঁকে কেউ সন্দেহ করতে পারে নি। 61 নম্বর মৌলের অস্তিত্ব সম্বন্ধে তাঁর ফলাফলটি বিন্দুমাত্র ইঙ্গিত দিতে পারে নি।

1926 খ্রিস্টাব্দে নোডাকরা (Noddacks) তাঁদের পরীক্ষা শুরু করেন, যাঁরা তাঁদের আবিষ্কৃত মেসুরিয়াম এবং রেনিয়ামের (43 এবং 75 নম্বর) সম্বন্ধে সবে ঘোষণা করেছিলেন। ইলিনিয়াম উপস্থিত থাকতে পারে— এমন সন্দেহ করা বিভিন্ন রকমের পনেরোটি খনিজকে বিশ্লেষণ করতে তাঁরা বিদ্যমান সকল রকম পদ্ধতি ব্যবহার করেন। 100 কিলোগ্রাম বিরল মৃত্তিকা পদার্থ নিয়ে কাজ আরম্ভ করে তাঁরা একটিও নতুন মৌলকে সনাক্ত করতে পারেন নি। নোডাকরা দাবী করেছিলেন যে আমেরিকানদের ফলাফলটি যদি সঠিক হতো, তবে তাঁরা, নোডাকরা, নিঃসন্দেহে নতুন মৌলটি নিষ্কাশিত করতে পারতেন। এমনকি যদি নিয়োডিমিয়াম বা সামারিয়ামের চেয়ে এক

কোটি গ‍ুণ বিরলতর হয় তব‍ুও তাঁরা সেটি বার করতে পারতেন ... । এখানে দ‍ুটি সম্ভাব্য ব্যাখ্যা আছে: হয় 61 নম্বর মৌলটি এত বিরল ছিল যে এটিকে খ‍ুঁজে বার করতে প্রচলিত পরীক্ষা পদ্ধতিগ‍ুলি যথেষ্ট স‍ূক্ষ্ম ছিল না, না হয় খনিজের ভুল নম‍ুনা নেওয়া হয়েছিল।

ভু-রসায়নবিদরা প্রথম ব্যাখ্যাটির বির‍ুদ্ধে ছিলেন। বিরল ম‍ৃত্তিকা মৌলের প্রাচুর্য কমবেশী প্রায় সমান। ইলিনিয়াম একটি ব্যতিক্রম, এটি ভাবার কোন কারণ ছিল না। ক্যালসিয়াম এবং স্ট্রনশিয়াম খনিজে ইলিনিয়ামকে দেখতে তাঁরা পরামর্শ দিয়েছিলেন। সমস্ত বিরল ম‍ৃত্তিকা মৌল সাধারণত ত্রিযোজী, কিন্তু এগ‍ুলির মধ্যে কোনও কোনও মৌল দ‍ুই বা চার যোজ্যতা দেখাতে পারে। যেমন, ইউরোপিয়াম দ‍ুটি আধান বিশিষ্ট ক্যাটায়ন বরং সহজেই দেয়। এগ‍ুলির আকার ক্যালসিয়াম ও স্ট্রনশিয়াম ক্যাটায়নের কাছাকাছি এবং এগ‍ুলি ক্ষারীয় ম‍ৃত্তিকা খনিজগ‍ুলি থেকে ক্যালসিয়াম ও স্ট্রনশিয়ামকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। সম্ভবত, ইলিনিয়ামের এ ধরনের দার‍ুণ ক্ষমতা থাকতে পারে এবং স্ট্রনশিয়ামের কোনও কোনও বিরল প্রাকৃতিক খনিজে পাওয়া যেতে পারে। একটি প্রকল্প অন্যটির স্থান দখল করে, একটি ধারণা অন্যটি থেকে উদ্ভূত হয়, যেটি অপ্রমাণিত। এই রকম অবস্থায়, নোডাকরা একাধিক ক্ষারীয় খনিজ বিশ্লেষণ করেন। কিন্তু দ‍ুর্ভাগ্যের বিষয়, তাঁরা আরও একবার ব্যর্থ হন।

ইলিনিয়াম গবেষণাটির ম‍ৃত্যু ঘনিয়ে এসেছে বলে মনে হয়, যদিও এটির ফলাফলের বিবরণ তখনও আসছিল, যেগ‍ুলিকে খ‍ুব কমই বিশ্বাস করা হয়েছিল।

পার্থিব খনিজে 61 নম্বর মৌলটিকে খোঁজায় রসায়নবিদরা ব্যর্থ হয়েছিলেন। 61 নম্বর মৌলের ভাগ্যটি প্রকৃতি যেখানে "সীল" করে দিয়েছে, সেখানে এটির ভাগ্যের "খামটি" খোলার জন্যে তত্ত্বীয় পদার্থবিজ্ঞান ছিল। খাম যখন খোলা হলো (এইটাই প্রথম ছিল না) বিজ্ঞানীরা হতাশ হয়েছিলেন। খামটি খালি ছিল।

এই অবস্থায় 61 নম্বর মৌলটির ভাগ্য, 43 নম্বর মৌল — টেকনেশিয়ামের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে জড়িত ছিল। জার্মান তত্ত্বীয় পদার্থবিদ ম্যাটাউখ (Mattauch)-এর স‍ূত্রান‍ুসারে, নিয়মমত টেকনেশিয়ামের কোন স্থায়ী সমস্থানিক থাকতে পারে না। এই নিয়মে, 61 নম্বর মৌলেরও কোন স্থায়ী সমস্থানিকের অস্তিত্ব থাকতে পারে না। ইলিনিয়ামের ম‍ৃত্যু হলো, কিন্তু 61 নম্বর মৌলটি অবশ্যই বেঁচে গিয়েছিল।

কিন্তু, যদি এটির সত্যিই অস্তিত্ব না থাকতো, তবে কি হতো? আই. নোডাক একটি দুঃসাহসিক ধারণার কথা বলেছিলেন যে, ভূ-তাত্ত্বিক কালের গোড়ার দিকে পৃথিবীতে ইলিনিয়ামের (কিছু সময়ের জন্যে এই নামটি আমরা ব্যবহার করবো) অস্তিত্ব ছিল। এটি ছিল স্বল্প অর্ধজীবনকাল বিশিষ্ট অত্যন্ত তেজস্ক্রিয় মৌল এবং তাড়াতাড়ি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছিল এবং পৃথিবী থেকে বিদায় নিয়েছিল। এই ধারনাটিকে যদি আমরা মেনে নেই, তবে দুটি অত্যন্ত পরস্পর-বিরোধী ব্যাপার আমাদের মেনে নিতে হবে। প্রথমত, ইলিনিয়াম, যেটি পর্যায় সারণীর কেন্দ্রস্থলে আছে, সেটির কোন স্থায়ী সমস্থানিক হয় না। দ্বিতীয়ত, এটির সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবনকাল পৃথিবীর বয়সের তুলনায় অনেক ছোট।

বাস্তবিক পক্ষে , পর্যায় সারণীতে পলিনিয়ামের প্রতিবেশীর (নিয়োডিমিয়াম এবং সামারিয়াম) অনেক প্রাকৃতিক সমস্থানিক (প্রত্যেকটির সাতটি করে) আছে, যেগুলির ভর-সংখ্যার অনেক পার্থক্য হয় — 142 থেকে 154 পর্যন্ত। 61 নম্বর মৌলের সম্ভাব্য যে কোন সমস্থানিকের ভর-সংখ্যার মানের মধ্যে ইলিনিয়ামের যে কোন সমস্থানিক অস্থায়ী বলে প্রতিপন্ন হয়।

61 নম্বর মৌলটিকে পৃথিবীতে খুঁজে পাওয়ার সকল আশা ম্যাটাউখ সূত্র, চিরকালের জন্যে কবরে পাঠিয়েছিল বলে মনে হয়েছিল। কিন্তু এর পরে আশার একটি আলো দেখা গিয়েছিল। ঠিক আছে, ইলিনিয়ামের সমস্ত সমস্থানিকগুলি তেজস্ক্রিয় পদার্থ। কিন্তু কী মাত্রায়? সম্ভবত, এগুলির মধ্যে কোনও কোনটির অর্ধজীবনকাল খুব দীর্ঘ। সেই সময় সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবনকে কেমন করে ভবিষ্যদ্বাণী করা যায়, তত্ত্ব তো তা শেখায় নি। অন্ধকারেই 61 নম্বর মৌলটিকে খুঁজে যেতে হয়েছিল। পদার্থবিদরা বিশ্বাস করতেন যে, 61 নম্বর মৌলটির গোলকধাঁধাঁ কেবলমাত্র পারমাণবিক সংশ্লেষণ দ্বারা সমাধান করা যেতে পারে, যেমনটি টেকনেশিয়ামের ক্ষেত্রে হয়েছিল, যেটি তাঁদের মনে তখনও টাটকা ছিল।

1926 খ্রিস্টাব্দে অবস্থার অবনতি হওয়ার পর, আমেরিকার বিজ্ঞানের সম্মান যেন পুনরুদ্ধারের চেষ্টায়, 1938 সালে ওহিয়ো বিশ্ববিদ্যালয়ের দুজন পদার্থবিদ 61 নম্বর মৌলের কৃত্রিম সংশ্লেষণের পরীক্ষাটি প্রথম শুরু করেন। তাঁরা দ্রুত গতিসম্পন্ন ডয়ট্রন (ভারী কেন্দ্রীণ বিশিষ্ট নাইট্রোজেন) দিয়ে নিয়োডিমিয়াম লক্ষ্যবস্তুটিকে আঘাত করেন। তাঁরা বিশ্বাস করেন যে, $Nd+d \rightarrow 61+n$ — এই পারমাণবিক বিক্রিয়ার সাহায্যে

61 নম্বর মৌলটির সমস্থানিক উৎপন্ন হয়। তাঁদের প্রাপ্ত ফলাফল থেকে সিদ্ধান্ত করা যায় নি। কিন্তু, যাহোক তাঁরা মনে করেছিলেন যে একটি নতুন মৌলের 144 ভর-সংখ্যা এবং 12·5 ঘণ্টা অর্ধজীবন বিশিষ্ট একটি সমস্থানিক তাঁরা পেয়েছিলেন।

সন্দেহপ্রবণ ব্যাক্তিরা আবার বলেছিলেন যে ফলাফলটি ভ্রান্ত ছিল এবং এটি কারণ ছাড়া বলা হচ্ছে না, কারণ নিয়োডিমিয়াম লক্ষ্যবস্তুটি আদর্শরূপে বিশুদ্ধ ছিল কি না, সে বিষয়ে কেউই নিশ্চিত নন। সনাক্তকরণের পদ্ধতিটি বিশ্বাসযোগ্য বলে মনে করা খুব কমই যেতে পারে। এমনকি সহজ আলোকীয় এবং এক্স-রশ্মি বর্ণালি দ্বারা 61 নম্বর মৌলটির অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়, যেমনটি হয়েছিল 1926 সালের গবেষণায়, তেজস্ক্রিয়মিতি তথ্যের সাহায্যে সিদ্ধান্তটি করা হয়।

আসলে, এই কাজে রসায়ন জড়িত ছিল না এবং রহস্যপূর্ণ তেজস্ক্রিয়তা বিশিষ্ট উৎপন্ন বস্তুর রাসায়নিক প্রকৃতিটা নির্ধারিত হয় নি। অতএব, যে কেউ জিজ্ঞাসা করতে পারে যে 61 নম্বর মৌলটির আবিষ্কারের সঠিক তারিখ হিসেবে 1938 সালকে ধরা যাবে কি না। বরং এটা বলা ভালো যে, এটিকে সংশ্লেষণ করতে কেবলমাত্র সঙ্গতিপূর্ণ প্রচেষ্টা এই সময় আরম্ভ হয়।

যত সময় যেতে লাগলো আঘাতকারী কণার সংখ্যা তত প্রসারিত হতে লাগলো, লক্ষ্যবস্তু হিসেবে অন্যান্য বিরলমৃত্তিকা মৌলও ব্যবহৃত হতে লাগলো এবং তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপের প্রকৌশলগুলিও উন্নত হতে লাগলো। বৈজ্ঞানিক জার্নালে ইলিনিয়ামের অন্যান্য সমস্থানিকের বিবরণ প্রকাশ হতে লাগলো। 61 নম্বর মৌলটি বাস্তবে পরিণত হলো, যদিও কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত হয়েছিল। এটি সাইক্লোট্রনে প্রস্তুত হয়, এই ঘটনাটির স্মৃতি রক্ষার্থে 61 নম্বর মৌলটির নাম পরিবর্তন করে রাখা হলো সাইক্লোনিয়াম, কিন্তু পর্যায় সারণীর 61 নম্বর ঘরে Cy সংকেতটি বেশী দিন টিকে থাকতে পারেনি।

সাইক্লোনিয়ামের তেজস্ক্রিয় "সংকেত" গবেষকরা সনাক্ত করতে পেরেছিলেন কিন্তু নতুন মৌলটির এক কণাও কেউ চোখে দেখতে পাননি এবং এটির বর্ণালি লিপিবদ্ধ করা যায় নি। সাইক্লোনিয়ামের অস্তিত্বের পরোক্ষ প্রমাণ মাত্র পাওয়া গিয়েছিল। বিংশ শতাব্দীর বিজ্ঞানের ইতিহাস অনেক মহান আবিষ্কারের কথা জানে এবং ধীর গতি সম্পন্ন নিউট্রনের সাহায্যে ইউরেনিয়ামের বিভাজন করাটা ছিল শ্রেষ্ঠ আবিষ্কারগুলির মধ্যে

অন্যতম। ইউরেনিয়াম-235-এর কেন্দ্রীণ দুটি খণ্ডে বিভক্ত হয়ে পড়ে এবং তার প্রত্যকটি হলো পর্যায় সারণীর কেন্দ্রস্থলের অবস্থিত কোন একটি মৌলের সমস্থানিক। এই ভাবে দস্তা থেকে গ্যাডোলিনিয়াম পর্যন্ত ত্রিশটি মৌলের সমস্থানিক উৎপন্ন করা যেতে পারে। গণনা করে জানা গেছে যে, 61 নম্বর মৌলটির সমস্থানিকের পরিমাণটি মোটামুটি ভালোই উৎপন্ন হয় — বিভাজিত বস্তুর মোট পরিমাণের প্রায় 3%।

কিন্তু শতকরা এই তিন ভাগ পরিমাণ বস্তুটিকে নিষ্কাশন করার কাজটি অত্যন্ত দুরূহ ছিল বলে প্রমাণিত হয়।

আমেরিকান রসায়নবিদ জে. মেরিন্‌স্কি (J. Marinsky), এল. গ্লেণ্ডেনিন (L. Glendenin) এবং চ. কোরিয়েল (Ch. Coreyell) ইউরেনিয়ামের বিভাজিত বস্তুসমূহকে পৃথক করতে একটি নতুন রাসায়নিক প্রকৌশল — আয়ন বিনিময়কারী ক্রোমাটোগ্রাফী ব্যবহার করেন।

মৌলগুলিকে পৃথকীকরণ করতে এই প্রকৌশলে আয়ন বিনিময়কারী রজন নামে এক বিশেষ গুরুভার বিশিষ্ট যৌগ ব্যবহার করা হয়। রজন এবং স্ব-স্ব মৌলের মধ্যে বন্ধনশক্তির ক্রমবর্ধমান শক্তি অনুযায়ী রজনটি মৌলগুলিকে আলাদা করতে চালুনির ন্যায় কাজ করে। চালুনির তলায় বিজ্ঞানীগণ সত্যিকারের ধনসম্পত্তিটা খুঁজে পেয়েছিলেন — 147 এবং 149 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট 61 নম্বর মৌলটির দুটি সমস্থানিক।

ইলিনিয়াম, ফ্লোরেন্সিয়াম এবং সাইক্লোনিয়াম নামে পরিচিত 61 নম্বর মৌলটির অবশেষে চূড়ান্ত নাম দেওয়া যেতে পারে। গবেষকদের অনুস্মৃতি অনুসারে, মৌলটিকে খুঁজে বার করার চেয়ে মৌলটির নামকরণ করাটা কোন অংশে কম কঠিন ছিল না। তাঁদের মধ্যে এম. কোরিয়েলের পত্নী, মৌলটির নাম প্রোমেথিয়াম রাখার প্রস্তাব করে এই সমস্যার সমাধান করেন। প্রাচীন গ্রীক রূপকথায়, প্রোমেথিয়াস (Prometheus) স্বর্গ থেকে আগুন চুরি করে এনে মানুষকে দেন এবং এই ভাবে "জেউস" (Zeus)-এর অনির্বান-শিখাটি প্রজ্বলিত করেন। পারমাণবিক বিভাজনকে মানুষ কাজে লাগিয়ে নাটকীয়ভাবে লক্ষণীয় পরিমাণে নতুন মৌলটি প্রস্তুত করার প্রতিকৃতি হিসেবে নামটি কেবল মাত্র ছিল না, যুদ্ধের আগুন, মানবজাতি যা জ্বালায় তার সম্ভাব্য বিপদের বিরুদ্ধেও এটি ছিল সাবধানবাণী, — লিখেছেন বিজ্ঞানীগণ।

1945 সালে প্রোমেথিয়াম আবিষ্কৃত হয়, কিন্তু প্রথম বিবৃতিটি প্রকাশিত হয় 1947 সালে। 28 জুন, 1948, সিরাকুসে (Syracuse), আমেরিকান

কেমিক্যাল সোসাইটির এক সভায় উপস্থিত ব্যক্তিদের, প্রত্যেকটি 3 মিলিগ্রাম ওজন বিশিষ্ট প্রোমেথিয়ামের যৌগের (হলুদ ক্লোরাইড এবং বেগুনী নাইট্রেট) প্রথম নমুনাগুলির দেখার সৌভাগ্য হয়। মেরি কুরি কর্তৃক বিশুদ্ধ রেডিয়াম লবণ প্রস্তুত করার ন্যায় এই নমুনাগুলি কোন অংশে কম উল্লেখযোগ্য ছিল না। বিজ্ঞানের দারুণ সৃজনমূলক ক্ষমতার সাহায্যে প্রোমেথিয়ামকে সৃষ্টি করা গিয়েছিল। এখন দশ দশ গ্রাম পরিমাণ প্রোমেথিয়াম প্রস্তুত করা গেছে এবং এটির প্রায় সকল ধর্ম গবেষণা করা গেছে।

পার্থিব প্রোমেথিয়ামের অস্তিত্বটা ম্যাটাউখ-সূত্রটি অস্বীকার করেছিল, কিন্তু এই অস্বীকৃতিটি চূড়ান্ত ছিল না। পৃথিবীর বয়সের অনুরূপ অর্ধজীবন বিশিষ্ট প্রোমেথিয়ামের দীর্ঘস্থায়ী সমস্থানিকগুলিকে পার্থিব আকরিক ও খনিজে খুঁজে বার করার চেষ্টা নিয়মানুযায়ী হচ্ছিল।

কিন্তু এ ব্যাপারে পারমাণবিক পদার্থবিজ্ঞানটি প্রাকৃতিক প্রোমেথিয়ামের শত্রু ছিল। প্রোমেথিয়ামের প্রত্যেকটি সংশ্লেষিত নতুন সমস্থানিকের দ্বারা গবেষণার সম্ভাব্য সুযোগটি ক্রমশ সংকুচিত হতে লাগলো। প্রোমেথিয়ামের সমস্থানিকগুলি দেখা গিয়েছিল ক্ষণস্থায়ী। বর্তমানে জানা পনেরোটি প্রোমেথিয়াম-সমস্থানিকের মধ্যে সব থেকে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকটির অর্ধজীবন হলো মাত্র 30 বছর। অন্য কথায়, পৃথিবী যখন কেবলমাত্র গ্রহ হিসেবে পরিণত হয়েছিল, তখন পৃথিবীতে প্রোমেথিয়াম কণা পরিমাণেও ছিল না। কিন্তু এখানে আমরা যা বোঝাতে চাই, তা হলো, মৌল সৃষ্টির আদি পর্বে মুখ্য প্রোমেথিয়ামও উৎপন্ন হয়েছিল। যা আলোচনা করা হয়েছিল তা হলো এই যে, প্রাকৃতিক বিভিন্ন পারমাণবিক বিক্রিয়া দ্বারা এখনও পৃথিবীতে যে গৌণ প্রোমেথিয়াম উৎপন্ন হয়ে চলেছে, সেটির গবেষণা।

পৃথিবীতে ইউরেনিয়ামের স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনে উৎপন্ন অংশসমূহের মধ্যে অবশেষে টেকনেশিয়ামকে খুঁজে পাওয়া যায়। এই বিভাজিত বস্তুতে পোমেথিয়ামের সমস্থানিকগুলি থাকতে পারে। গণনানুসারে, ইউরেনিয়ামের স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনের দ্বারা ভূ-ত্বকে প্রায় 780 গ্রাম পরিমাণ প্রোমেথিয়াম সঞ্চিত হয়। বাস্তবিক, এই পরিমাণটি কিছু নয়। প্রাকৃতিক প্রোমেথিয়ামকে খুঁজে বার করা, আর বৈকাল হ্রদে এক ব্যারেল নুনকে দ্রবীভূত করার পর তার থেকে নুনের একটি অণুকে খুঁজে বার করা — একই কথা।

1968 খ্রিস্টাব্দে, এই দানবীয় কাজটি সম্পন্ন করা হয়। প্রাকৃতিক টেকনেশিয়ামের আবিষ্কর্তা পি. কুরোডা (P. Kuroda) সমেত একদল

আমেরিকান বিজ্ঞানী ইউরেনিয়াম আকরিক (পিচব্লেণ্ড) থেকে 147 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট প্রাকৃতিক প্রোমেথিয়ামের সমস্থানিকটি আবিষ্কার করতে সক্ষম হন। 61 নম্বর মৌলটি আবিষ্কারের মন্থর-করা ইতিহাসের এটাই অন্তিম ধাপ।

টেকনেশিয়ামের ন্যায়, প্রোমেথিয়াম আবিষ্কারেরও দুটি তারিখের নাম আমরা করতে পারি।

প্রথমটি হলো এটির সংশ্লেষণের তারিখ — 1945 সাল। এই অবস্থায় সংশ্লেষণটি প্রচলিত অর্থে ছিল না (এটিকে বিভাজিত সংশ্লেষণ বলা যেতে পারে)। ইউরেনিয়ামের ওপর ধীরগতি সম্পন্ন নিউট্রনের কিরণবর্ষণের দ্বারা উৎপন্ন বিভাজিত অংশগুলির মধ্যে থেকে প্রোমেথিয়ামের প্রথম দুটি সমস্থানিককে নিষ্কাশিত করা হয়, পারমাণবিক বিক্রিয়া দ্বারা টেকনেশিয়াম যেমন সরাসরি উৎপাদিত হয়েছিল, এটি সে রকম ছিল না। এই কারণে সমস্ত সংশ্লেষিত মৌলের মধ্যে প্রোমেথিয়ামের একটি বিশেষ স্থান ছিল। 1968 সালে প্রাকৃতিক প্রোমেথিয়াম আবিষ্কারের দিনটি ছিল দ্বিতীয় তারিখ। এই কীর্তির স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্য আছে, কারণ বিশ্লেষণের ভৌত ও রাসায়নিক পদ্ধতির অসাধারণ যোগ্যতায় এটি বিস্তৃত ছিল। অবশ্য, কীর্তিটা সম্পূর্ণ তত্ত্বীয় বৈশিষ্ট্যের ছিল, কারণ ব্যবহারিক প্রয়োজনে প্রাকৃতিক প্রোমেথিয়ামকে নিষ্কাশন করার আশা আর কোন ব্যক্তি করে নি।

অ্যাস্টাটিন এবং ফ্রান্সিয়াম

1925 সালের জুলাইয়ে ইংরেজ বিজ্ঞানী ডবলু. ফ্রেণ্ড (W. Friend) প্যালেস্টাইনে গিয়েছিলেন, অবশ্য তীর্থ করতে নয়। এ ছাড়াও, তিনি না ছিলেন প্রত্নতত্ত্ববিদ না ছিলেন অদ্ভুত দেশের পর্যটক। তিনি ছিলেন কেবলমাত্র একজন রসায়নবিদ এবং তাঁর মালপত্তরের মধ্যে ছিল বেশীর ভাগ খালি বোতল, যেগুলিকে তিনি মরুসাগরের জলে ভর্ত্তি করতে চেয়েছিলেন, পৃথিবীতে যে জলে সবচেয়ে বেশী পরিমাণে দ্রাব্য লবণ দ্রবীভূত হয়ে আছে। এই জলের ঘনত্ব এতই বেশী যে, মাছ এ জলে বাঁচতে পারে না। এবং ডুবে যাওয়ার ভয় ছাড়াই মানুষ এ জলে সাঁতার কাটতে পারে।

বাইবেলে বর্ণিত বিষণ্ণ প্রাকৃতিক দৃশ্যটি ফ্রেণ্ডের সাফল্যের আশাকে

নিরুৎসাহিত করতে ব্যর্থ হয়েছিল। মরু সাগরের জলে একাআয়োডিন এবং একা-সিজিয়ামকে খুঁজে পাওয়াই ছিল তাঁর লক্ষ্য, যেগুলিকে রসায়নবিদরা খুঁজে বার করতে ব্যর্থ হয়েছিলেন। ক্ষার ধাতু এবং হ্যালোজেনের দ্রাব্য লবণগুলি সাগর জলে আছে এবং মরু সাগরের জলে এই লবণগুলির ঘনত্ব অস্বাভাবিক রকমের বেশী। এই সব লবণের মধ্যে অজানা মৌলগুলি লুকিয়ে থাকার সম্ভাবনা বেশী, যেমন সবচেয়ে গুরুভার বিশিষ্ট হ্যালোজেন এবং ক্ষার ধাতু থাকতে পারে, কণা পরিমাণে হলেও।

অবশ্য, তাঁর গবেষণার দিকটি ঠিক করার ব্যাপারে ফ্রেন্ড সম্পূর্ণভাবে মৌলিক ছিলেন না। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ সময়ে, পৃথিবীতে একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়ামকে কোথায় পাওয়া যাবে, এই প্রশ্নের উত্তর দিতে একজন রসায়নবিদ্দ দ্বিধা করত না। এটির সুস্পষ্ট উত্তর ছিল। ক্ষার এবং হ্যালোজেনের প্রাকৃতিক যৌগগুলি যেখানে পাওয়া যায়; তার অর্থ, পটাশিয়াম লবণের সঞ্চয়ে, সাগর ও মহাসাগরের জলে, নানা রকম খনিজে, গভীর কূপের জলে, কিছু সামুদ্রিক শৈবালে ইত্যাদি ইত্যাদি। অন্য কথায়, গবেষণার ক্ষেত্রটি বেশ প্রশস্ত ছিল।

কিন্তু একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়ামকে খুঁজে বার কবার সকল প্রচেষ্টা ব্যর্থ হয় এবং ফ্রেন্ডের প্রচেষ্টাও এক্ষেত্রে ব্যতিক্রম ছিল না।

ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দশকের দিকে ফিরে তাকানো যাক্। মৌলের পর্যায় সারণীটি মেন্ডেলেয়েভ যখন উন্নত করছিলেন, তখন পর্যায় সারণীতে বিসমাথ থেকে ইউরেনিয়াম পর্যন্ত মৌলের মধ্যে একাধিক শূন্য স্থান ছিল। তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কারের পর এই শূন্য স্থানগুলি তাড়াতাড়ি ভর্ত্তি হয়ে গিয়েছিল। পোলোনিয়াম, রেডিয়াম, র‍্যাডন, অ্যাক্টিনিয়াম এবং অবশেষে প্রোট্যাক্টিনিয়াম, বিসমাথ এবং থোরিয়ামের মধ্যে তাদের স্থান করে নিয়েছিল। একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়াম কেবল দেরী করেছিল। যাহোক, এই ঘটনাটি বিজ্ঞানীদের বিশেষ কোন অসুবিধে করে নি। এই অজ্ঞাত মৌলগুলিকে তেজস্ক্রিয় হতেই হবে, এ ব্যাপারে সন্দেহের বিন্দুমাত্র অবকাশও ছিল না কারণ বিসমাথের চেয়ে ভারী মৌলদের তেজস্ক্রিয়তা একটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য। অতএব, আজ না হয় কাল, 85 ও 87 নম্বর মৌলের অস্তিত্ব তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতির দ্বারা দেখানো যেতে পারবে।

ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়ামের প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকগুলির ক্রমাগত তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের দীর্ঘ শৃঙ্খলে একাধিক গৌণ রাসায়নিক মৌল উৎপন্ন হয়। বিংশ শতাব্দীর প্রথম দশকে বিজ্ঞানীদের আয়ত্বে পর্যায়

সারণীর বিসমাথ থেকে ইউরেনিয়াম পর্যন্ত মৌলগুলির 40 টি তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক ছিল। এই সমস্ত তেজস্ক্রিয় মৌল তিনটি তেজস্ক্রিয় পরিবারে অন্তর্ভুক্ত ছিল, যেগুলির শীর্ষ বা প্রারম্ভিক মৌল ছিল থোরিয়াম-232, ইউরেনিয়াম-235 এবং ইউরেনিয়াম-238। কেবলমাত্র একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়াম বাদে প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় মৌল তার প্রতিনিধিকে এই সব পরিবারে পাঠিয়েছিল। 85 এবং 87 নম্বর মৌলের কোন সমস্থানিকেই এই তিনটি শ্রেণীর কোন সদস্যের সঙ্গে সম্বন্ধে স্থাপন করা যায় নি। এটি এক অপ্রত্যাশিত ধারণার কথা বলেছিল যে একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়াম তেজস্ক্রিয় মৌল নয়। কিন্তু কেন? এ প্রশ্নের উত্তর দিতে কেউ সাহস করেনি। এই ধারণার ফলে ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়াম আকরিকে এই মৌলগুলিকে খুঁজে দেখা অর্থহীন ছিল, যদিও এই সব আকরিকে ব্যতিক্রম-হীন ভাবে সমস্ত তেজস্ক্রিয় মৌল উপস্থিত থাকে।

একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়ামের স্থায়ীত্বের সম্বন্ধে ধারণাটি প্রমাণিত হয় নি। তেজস্ক্রিয় পরিবারে এই মৌলের সমস্থানিকগুলি খুঁজে পাওয়ার সমস্ত প্রচেষ্টা ব্যর্থতায় পর্যবসিত হয়েছিল। কিন্তু গবেষণার একটি মাত্র পথই কেবল খোলা ছিল, যেটি আশাপ্রদ মনে হয়েছিল। কোন একটি তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকের ভাঙ্গনের ক্রিয়াবিধি কি এক বা দু'রকমে মাত্র হয়? যেমন, এটি আলফা এবং বেটা উভয় প্রকার কণা বিকিরণ করে। তাই যদি হয়, তবে এই সমস্থানিকের ভাঙ্গনের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলি দুটি বিভিন্ন মৌলের সমস্থানিক হবে এবং এই সমস্থানিকের জায়গায় তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের শ্রেণীটি বিভক্ত হয়ে পড়ে। এই সমস্যাটি অনেক দিন ধরে আলোচিত হয়েছিল। কোনও কোনও সমস্থানিকের ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়াটি সংঘটিত হয় বলে মনে হয়।

1913 সালে ইংরেজ বিজ্ঞানী এ. ক্রান্স্‌টন (A. Cranston) তেজস্ক্রিয় মৌল MsTh-II (আক্টিনিয়াম-228-এর সমস্থানিক) নিয়ে কাজ করেন। সমস্থানিকটি বেটা কণা নির্গত ক'রে থোরিয়াম-228-এ পরিণত হয়। কিন্তু ক্রান্স্‌টন ভেবেছিলেন যে অতি ক্ষীণ আলফা ক্ষয়ও তিনি সনাক্ত করেছিলেন। এটা যদি সত্যি হয় তবে ক্ষয়ের ফলে উৎপন্ন বস্তুতে বহু প্রত্যাশিত এক-সিজিয়াম থাকতেই হবে। বাস্তবিকই, প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করা যেতে পারে এভাবে:

$$^{228}_{89}\text{Ac} \xrightarrow{\alpha} {}^{224}87$$

তবে ক্রান্স্‌টন তাঁর পর্যবেক্ষণটির বিবরণ দিয়েছিলেন, কিন্তু এ বিষয় আর অগ্রসর হন নি।

ঠিক এক বছর পর, ইউরেনিয়াম-235 পরিবারে অবস্থিত অ্যাক্টিনিয়াম-227 সমস্থানিকটি নিয়ে গবেষণা শুরু করেন ভিয়েনার তিন তেজস্ক্রিয়-রসায়নবিদ এস. মেয়ের (S. Meyer), জি. হেস (G. Hess) এবং এফ. প্যানেথ (F. Paneth)। তাঁদের পরীক্ষাটি তাঁরা একাধিক বার করেন এবং অবশেষে, তাঁদের সূক্ষ্ম যন্ত্রটি অজ্ঞাত উৎস থেকে আসা আলফা কণা সনাক্ত করে। বিভিন্ন সমস্থানিক থেকে নির্গত আলফা কণাদের বাতাসে নির্দিষ্ট পথ থাকে (কয়েক সেণ্টিমিটার মাত্রায়)। অস্ট্রিয়ান বিজ্ঞানীদের পরীক্ষায় আলফা কণার গড় পথের দৈর্ঘ্য ছিল 3·5 সেণ্টিমিটার। অন্যকোন আলফা-সক্রিয় সমস্থানিকের আলফা কণার এমন গড় পথ ছিল না। ভিয়েনার রেডিয়াম ইনস্টিটিউটের বিজ্ঞানীগণ সিদ্ধান্ত করেন যে, এই কণাগুলি ছিল বিশিষ্ট বেটা-সক্রিয় অ্যাক্টিনিয়াম-227-এর আলফা ক্ষয়ের ফলে উৎপন্ন পদার্থ। এই ক্ষয়ের ফলে উৎপন্ন বস্তুটিকে 87 নম্বর মৌলের একটি সমস্থানিক হতেই হবে।

নতুন পরীক্ষা পদ্ধতির দ্বারা আবিষ্কারটি প্রতিপন্ন করতেই হবে। অস্ট্রিয়ানগণ এ বিষয়ে প্রস্তুত ছিলেন, কিন্তু শীঘ্র প্রথম মহাযুদ্ধ আরম্ভ হলো।

প্রকৃতপক্ষে, অ্যাক্টিনিয়াম-227-এর আলফা বিকিরণ তাঁরা লক্ষ্য করেন এবং এর অর্থ হলো যে 87 নম্বর মৌলের পরমাণুগুলি তাঁদের সামনে প্রস্তুত হয়েছিল। কিন্তু এই ঘটনাটিকে প্রমাণ করার প্রয়োজন ছিল। তাঁদের সিদ্ধান্তটিকে খন্ডন করা অনেক সহজ ছিল। সন্দেহপ্রবণ ব্যক্তিরা বলেছিলেন যে, আলফা সক্রিয়তাটি অত্যন্ত ক্ষীণ ছিল বলে পর্যবেক্ষণে ধরা পড়ে এবং তাঁদের ফলাফলে ভুল ছিল। অন্যেরা বলেছিলেন যে প্রতিবেশী মৌল, প্রোট্যাক্টিনিয়ামের একটি সমস্থানিকও আলফা কণা নির্গত করে, যেটির গড় পথের মান 3·5 সেন্টিমিটারের কাছাকাছি। প্রোট্যাক্টিনিয়াম মিশ্রিত থাকার ফলে ভুলটি হয়েছিল।

85 এবং 87 নম্বর মৌলটি একাধিক বার আবিষ্কৃত হয়েছিল এবং নাম দেওয়া হয়েছিল যেমন, ডেসিনাম এবং মল্ডোভিয়াম, অ্যাল্কালিনিয়াম এবং হেল্‌ভেটিয়াম বা লেপ্টিনাম এবং অ্যাংলোহেলভেটিয়াম, কিন্তু এগুলির প্রত্যেকটি ভুল হয়েছিল। সুন্দর নামগুলিতে শূন্যতাই কেবল ছিল। থোরিয়াম-232 পরিবারের সকল সমস্থানিকগুলির ভর-সংখ্যাকে চার দিয়ে

ভাগ করা যায়। এই জন্যে, থোরিয়াম পরিবারকে কখনও কখনও 4n-পরিবার বলে উল্লেখ করা হয়। ইউরেনিয়ামের দ্বটি পরিবারের সমস্থানিকগ্বলির ভর-সংখ্যাকে চার দিয়ে ভাগ করলে ভাগশেষ হিসেবে আমরা দ্বই অথবা তিন পাই। ইউরেনিয়াম-238 এবং ইউরেনিয়াম-235 পরিবার যথাক্রমে (4n+2) এবং (4n+3) পরিবার বলে পরিচিত হয়।

কিন্তু (4n+1) পরিবারটির কি হলো? তেজস্ক্রিয় র্পান্তরের অজ্ঞাত এই চতুর্থ শ্রেণীতে, সম্ভবত, একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়ামের সমস্থানিকগ্বলি যথাযথভাবে পাওয়া যেতে পারে। এই ধারণার সঙ্গত কারণ ছিল, কিন্তু জানা তেজস্ক্রিয় মৌলের কোন একটি সমস্থানিককে তার ভর-সংখ্যা দ্বারা এই প্রাকল্পিক পরিবারে রাখা যায় নি।

সন্দেহপ্রবণ ব্যক্তিগণ ঘোষণা করলেন, অবশ্য বিনা কারণে নয়, যে পৃথিবীর উৎপত্তির প্রথম অবস্থায় চতুর্থ তেজস্ক্রিয় শ্রেণীটি, বাস্তবিক পক্ষে পক্ষে ছিল। প্রাথমিক বা আদি উৎস-মৌল সমেত শ্রেণীটির সকল তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকগ্বলির অর্ধজীবন অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী ছিল, অতএব পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে বহ্ন পূর্বে অন্তর্হিত হয়ে গিয়েছিল। চতুর্থ তেজস্ক্রিয় গাছটি মানবজাতির আর্বিভাবের অনেক আগে শ্বকিয়ে গিয়েছিল।

দ্বিতীয় দশকে তত্ত্ব-বিশারদগণ এই পরিবারটির গঠন-উপাদান দেখার জন্যে পরিবারটি প্বনর্গঠিত করতে চেষ্টা করেন, অবশ্য যদি এই পরিবারটি থেকে থাকতে। এই কাল্পনিক গঠন বিন্যাসে 85 এবং 87 নম্বর মৌলের সমস্থানিকের অবস্থানগ্বলি ছিল (কিন্তু র‍্যাডনে সরমস্থানিকের জন্যে ছিল না)। কিন্তু গবেষণার এই দিক থেকেও ফল পাওয়া যায় নি। এই ছলনাকারী মৌলগ্বলির কি কখনও অস্তিত্ব ছিল?

কিন্তু লক্ষ্যবস্তুটি খ্বব একটা দ্বরে ছিল না। বিজ্ঞানীদের স্বপ্নটি বাস্তবে র্পায়িত হওয়ার গল্পটি শ্বর্ব করার আগে টেকনেশিয়াম নামে প্রথম সংশ্লেষিত মৌলের দিকে একবার ফিরে তাকাই।

টেকনেশিয়াম কেন প্রথম হয়েছিল? কারণ, ম্লত, যথাযথ লক্ষ্যবস্তু এবং আঘাতকারী কণা নির্বাচিত করা হয়েছিল। লক্ষ্যবস্তু ছিল মলিবডেনাম, সেই সময় যাকে যথেষ্ট বিশ্বদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যেতো। নিউট্রন এবং ডয়ট্রন ছিল আঘাতকারী কণা এবং ডয়ট্রনের ত্বরণ সৃষ্টি করার জন্যে ত্বরণযন্ত্র পাওয়া যেতো। এই কারণে টেকনেশিয়াম আবিষ্কারের দ্বারা সংশ্লেষিত মৌলের নতুন য্বগটি স্বচিত হয়েছিল।

প্রোমেথিয়ামের গবেষণাটি অনেক বেশী জটিল ছিল বলে প্রমাণিত

হয়েছিল, কারণ এটি বিরলমৃত্তিকা পরিবারের অন্তর্গত ছিল এবং এটির রাসায়নিক প্রকৃতিটি নির্ণয় করা ছিল প্রধান সমস্যা।

কিন্তু 85 এবং 87 নম্বর মৌলের ক্ষেত্রে কাজটি ছিল অনেক অনেক কঠিন। একা-আয়োডিন প্রস্তুতিতে বিজ্ঞানীদের প্রচেষ্টায়, 83 নম্বর মৌল—বিসমাথই তাঁদের একমাত্র লক্ষ্য বস্তু হতে পারতো। আঘাতকারী কণা হিসেবে কেবলমাত্র আলফা কণা ব্যবহার করা যেতে পারতো। একা-আয়োডিনের পূর্ববর্তী মৌল পোলোনিয়মকে লক্ষ্যবস্তু হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে না। বিসমাথের থেকে কম পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলদের লক্ষ্যবস্তু হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে না, কারণ 85 সংখ্যায় পৌঁছাতে বিজ্ঞানীদের উপযুক্ত আঘাতকারী কণার অভাব ছিল।

কৃত্রিম ভাবে একা-সিজিয়ামকে সংশ্লেষণ করা সম্পূর্ণ অগম্য ছিল বলে মনে হয়েছিল। উপযুক্ত লক্ষ্যবস্তু এবং আঘাতকারী কণা তৃতীয় দশকে ছিল না। কিন্তু ইতিহাসের এমনই পরিহাস ছিল যে পর্যায় সারণীর পুরোনো কাঠামোর মধ্যে হারিয়ে যাওয়া চারটি মৌলের মধ্যে টেকনেশিয়ামের পর 87 নম্বর মৌলটিকে বিশ্বাসযোগ্যভাবে আবিষ্কার করা হয়।

ইতিহাসের এই জায়গা থেকে একা-আয়োডিন এবং একা-সিজিয়াম, যে মৌল দুটি এত দিন এক সঙ্গে চলেছিল, সেগুলি একে অন্যের কাছ থেকে দূরে চলে যেতে লাগলো এবং এই কারণে আমরা এ দুটির আবিষ্কার আলাদাভাবে বিবেচনা করবো।

85 নম্বর মৌলটিকে সংশ্লেষিত করেন ডি. করসন (D. Corson); সি. ম্যাকেঞ্জি (C. Machenzie) এবং ই. সেগ্রে (E. Segre), যাঁরা বার্কলেতে (USA) কাজ করতেন। ইটালিয়ান বিজ্ঞানী সেগ্রে সেই সময় আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে স্থায়ীভাবে বসবাস শুরু করেছিলেন এবং নতুন মৌল (টেকনেশিয়াম) সংশ্লেষণ করার অভিজ্ঞতা এই দলটির মধ্যে একমাত্র তাঁরই ছিল। 16 জুলাই, 1940, এই বিজ্ঞানীরা মর্যাদা সম্পন্ন ভৌত জার্নাল ফিজিক্যাল রিভিয়ুতে "আর্টিফিসিয়াল রেডিওঅ্যাক্টিভ এলিমেন্ট 85" শীর্ষক একটি বৃহৎ নিবন্ধ জমা দেন। তাঁরা বিবরণ দেন, কেমন করে তাঁরা বিসমাথ লক্ষ্য বস্তুর ওপর আলফা কণা দ্বারা আঘাত করেন, যে আলফা কণার ত্বরণ সৃষ্টি করা হয় সাইক্লোট্রনে এবং কেমন করে পারমাণবিক বিক্রিয়ার $^{209}_{83}Bi\,(\alpha,\ 2n)$ দ্বারা তেজস্ক্রিয় পদার্থ উৎপন্ন করেন। খুব সম্ভবত, উৎপন্ন বস্তুটি একা-আয়োডিনের একটি সমস্থানিক ছিল, যেটির অর্ধজীবন ছিল 7·5 ঘন্টা এবং ভর-সংখ্যা ছিল 211। সেগ্রে এবং তাঁর সহকর্মীরা

সুন্দর রাসায়নিক পরীক্ষার সাহায্যে অল্প পরিমাণে নতুন মৌল প্রস্তুত করেন এবং লক্ষ্য করেন যে এটি আয়োডিনের সদৃশ এবং এটি ক্ষীণ ধাতবধর্ম দেখায়।

ফলাফলটি যথেষ্ট প্রত্যয় উৎপন্ন করেছিল বলে মনে হয়। কিছু কালের জন্যে নতুন মৌলটি নামহীন অবস্থায় ছিল। যুদ্ধ আরম্ভ হওয়াতে একা-আয়োডিনের পরবর্তী গবেষণায় দেরী হয়েছিল। কাজটি 1947 সালে আবার আরম্ভ হয় এবং ঐ একই দল 210 ভর বিশিষ্ট অন্য একটি সমস্থানিক সংশ্লেষণ করার কথা ঘোষণা করেন। এটির অর্ধজীবনটি কিছু বেশী ছিল, অর্ধজীবন ছিল মাত্র 8.3 ঘণ্টা। পরে এটা দেখা গিয়েছিল যে, 85 নম্বর মৌলের এইটাই ছিল সবচেয়ে দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক। প্রথম সমস্থানিকের ন্যায় এটিও অনুরূপ প্রকৌশল দ্বারা প্রস্তুত করা হয়, যদিও আঘাতকারী আলফা কণার শক্তির মাত্রা কিছু বেশী ছিল। এর ফলে মধবর্তী উৎপন্ন কেন্দ্রীণ (^{209} Bi+α) থেকে তিনটের পরিবর্তে দুটি নিউট্রন নির্গত হয়। অতএব, সমস্থানিকে ভর-সংখ্যা এক কম হয়। গ্রীক ভাষায় যার মানে "অস্থায়ী" সেইশব্দ থেকে এই সময় মৌলটির নাম দেওয়া হয় অ্যাস্টাটিন (সংকেত At)।

^{211}At এবং ^{210}At সমস্থানিক দুটির সংশ্লেষণের অন্তর্বর্তী সময় একটি অসাধারণ ঘটনা ঘটে ছিল। ভিয়েনা রেডিয়াম ইনস্টিটিউটের বিজ্ঞানী বি. কার্লিক (B. Karlik) এবং টি. বার্নেট (Bernert) প্রাকৃতিক অ্যাস্টাটিন আবিষ্কার করতে সক্ষম হন। তেজস্ক্রিয়মিতির ক্ষমতার সর্বাধিক প্রয়োগের এটা ছিল এক অসাধারণ দক্ষতাপূর্ণ গবেষণা। গবেষণাটি সাফল্যের বিজয়মুকুট পরেছিল এবং 85 নম্বর মৌলটি দ্বিতীয় বার জন্ম গ্রহণ করে। টেকনেশিয়াম, প্রোমেথিয়ামের মত, অ্যাস্টাটিনের ইতিহাসে আমরা দুটো তারিখ উল্লেখ করতে পারি, যেমন, সংশ্লেষণের বছর (1940) এবং প্রকৃতিতে আবিষ্কারের বছর (1943)।

কিন্তু বিসমাথ লক্ষ্যবস্তুর ওপর আলফা কণার কিরণ বর্ষণ করার জন্যে যখন সেগ্রে এবং তাঁর সহকর্মীরা প্রস্তুত হচ্ছিলেন, তার এক বছরেরও আগে থেকে বৈজ্ঞানিক মহল একা-সিজিয়ামের আবিষ্কারের বিষয় জানতেন। 9 জানুয়ারী, 1939 তারিখে "এলিমেন্ট 87: AcK ফর্মড অ্যাক্টিনিয়াম" (Element 87: AcK formed Actinium) শীর্ষক একটি গবেষণা প্রবন্ধ প্যারিস অ্যাকাডেমি অব সায়েন্সের পরিচালনায় প্রকাশিত হয়। এটির প্রণেতা

ছিলেন এম. পেরেই (M. Perey)। পেরেই ছিলেন প্রথিতযশা তেজস্ক্রিয় রসায়নবিদ ডেবিয়েনের্র সহকারী, যিনি চল্লিশ বছর আগে অ্যাক্টিনিয়াম আবিষ্কারের কথা ঘোষণা করেন।

মার্গ্রেয়েরাইট পেরেই নতুন মৌলিক কোন পদ্ধতি আবিষ্কার করেননি এবং একা-সিজিয়ামের সম্ভাব্য উৎসের সম্বন্ধে অস্পষ্ট এবং জটিল কল্পনামূলক ধারণাকে কোন রকম প্রশ্রয় দেননি। 1938 সালে তিনি 1914 সালে প্রকাশিত একটি নিবন্ধ নিয়ে আসেন। নিবন্ধটিতে অস্ট্রিয়ান রসায়নবিদ মেয়ের, হেস এবং প্যানেথের স্বাক্ষর ছিল। পেরেই তাঁদের ধারণাটিকে প্রমাণিত করতে চেষ্টা করেন। অ্যাক্টিনিয়াম-227-এর বিশুদ্ধ নমুনা তিনি সতর্কতার সঙ্গে প্রস্তুত করেন। এই সমস্থানিক বেটা কণা নির্গত করলেও কখনও কখনও আলফা কণা নির্গত করে। বাতাসে এই সব কণার গড় পথ ছিল 3·5 সেণ্টিমিটার। এই আলফা বিকিরণের জন্যে প্রোট্যাক্টিনিয়াম কোনভাবেই দায়ী ছিল না, কারণ অ্যাক্টিনিয়ামের নমুনাটি যথেষ্ট বিশুদ্ধ ছিল। যেহেতু আলফা কণা নির্গত হয়, অতএব 223 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট একা-সিজিয়ামের সমস্থানিক ক্রমাগত নমুনাটিতে অবশ্যই জমা হবে। একাধিক পরীক্ষা নিঃসন্দেহে এটা দেখিয়েছিল যে, প্রকৃতপক্ষে 21 মিনিট অর্ধজীবন বিশিষ্ট কিছু বস্তু অ্যাক্টিনিয়ামের নমুনাটিতে সঞ্চিত হয়। এই বস্তুটা যে একটি নতুন মৌল এটা প্রমাণ করার পালা এবার রাসায়নিক বিশ্লেষণের। এটির ধর্ম সিজিয়া-মের অনুরূপ ছিল বলে প্রমাণিত হয়। তাঁর দেশের সম্মানার্থে পেরেই নতুন মৌলটির নামকরণ করেন ফ্রান্সিয়াম। তেজস্ক্রিয় মৌলের প্রাচীন নামকরণ পদ্ধতি অনুসারে, অল্প দিনের জন্যে এটিকে অ্যাক্টিনিয়াম (K(AcK) বলা হতো।

পেরেই সদ্য উৎপন্ন মৌলের প্রথম বিবরণটি অত্যন্ত সংক্ষেপে দিয়েছিলেন: অ্যাক্টিনিয়াম-227-এর আলফা ভাঙ্গন বিক্রিয়া দ্বারা মৌলটি উৎপন্ন হয়

$$^{226}_{89}Ac \xrightarrow{\alpha} {}^{223}85$$

এবং এটি 21 মিনিট অর্ধজীবন বিশিষ্ট আলফা-সক্রিয় পদার্থ ছিল। পরে এটির রাসায়নিক ধর্মের গবেষণায় তিনি অনেক মাস কাটিয়েছিলেন এবং ফ্রান্সিয়ামের সব বৈশিষ্ট্য সিজিয়ামের অনুরূপ ছিল বলে তিনি দৃঢ়তার সঙ্গে দেখিয়েছিলেন।

অন্যকোন প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের এত কম অর্ধজীবন হয় না, এমনকি কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত 85 নম্বর মৌলেরও অর্ধজীবন কয়েক ঘণ্টা ছিল। ফ্রান্সিয়ামের অন্যান্য প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক আবিষ্কারের আশা ছিল। ফ্রান্সিয়াম-223 সমস্থানিকটিই পৃথিবীতে ফ্রান্সিয়ামের একমাত্র সমস্থানিক ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়।

সংশ্লেষণই ছিল সাফল্যের একমাত্র পথ, কিন্তু এটি অত্যন্ত কঠিন ছিল বলে প্রমাণিত হয়। পেরেইয়ের আবিষ্কারের দশ বছর পর কৃত্রিমভাবে ফ্রান্সিয়ামের সমস্থানিক প্রস্তুত করা হয়। 212 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট ফ্রান্সিয়ামের সমস্থানিক পারমাণবিক বিক্রিয়া দ্বারা প্রস্তুত করা যায়, যেটিকে সংক্ষেপে লেখা যায়:

$$^{232}_{92}U\ (p,\ 6p\ 21n)^{212}_{87}Fr$$

অত্যন্ত শক্তি সম্পন্ন, ত্বরণযুক্ত প্রোটন দ্বারা ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণের বিভাজনটি হলো এই বিক্রিয়া। এই রকম দ্রুত গতি সম্পন্ন প্রোটন ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণকে আঘাত করলে, এটিতে বিস্ফোরণের ন্যায় একটা কিছু ঘটে যাতে একাধিক বিভিন্ন জাতের কণা নির্গত হয়, যেমন ছয়টি প্রোটন এবং 21 টি নিউট্রন। অবশ্য বিক্রিয়াটি হঠাৎ সংঘটিত হয় নি, এর পেছনে ছিল সতর্ক তৃতীয় ভবিষ্যদ্বাণী। ইউরেনিয়ামের বদলে থোরিয়াম ব্যবহার করা যায়। উৎপন্ন ফ্রান্সিয়াম-212 পদার্থটিকে সবচেয়ে দীর্ঘজীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক (অর্ধজীবন 23 মিনিট) বলে মনে করা হতো, কিন্তু পরে দেখা যায়, অর্ধজীবনটি ছিল 19 মিনিট।

প্রাকৃতিক অ্যাক্টিনিয়ামের ভাঙ্গনের ফলে উৎপন্ন পদার্থ থেকে ফ্রান্সিয়ামকে নিষ্কাশন করা পদ্ধতিটির চেয়ে ফ্রান্সিয়ামকে কৃত্রিমভাবে সংশ্লেষণ ছিল অনেক কঠিন এবং কম নির্ভরযোগ্য। কিন্তু প্রাকৃতিক অ্যাক্টিনিয়াম বিরল। তাহলে কি করা যায়? দ্রুতগতি সম্পন্ন নিউট্রন দিয়ে 226 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট রেডিয়ামের (এটির অর্ধজীবন 1622 বছর) প্রধান সমস্থানিকের ওপর কিরণবর্ষণ করাটা বর্তমান পদ্ধতি। রেডিয়াম-226 নিউট্রনকে আত্তীকরণ করে রেডিয়াম-227-এ পরিণত হয় যার অর্ধজীবন প্রায় 40 মিনিট। এটির ভাঙ্গনের ফলে বিশুদ্ধ অ্যাক্টিনিয়াম উৎপন্ন হহয়, যার থেকে আলফা ক্ষয়ের ফলে ফ্রান্সিয়াম-223 উৎপন্ন হয়।

পর্যায় সারণীর 85 এবং 87 নম্বর ঘরে At এবং Fr সংকেত দুটিকে চিরকালের জন্যে বসানো হলো এবং সারণী থেকে ভবিষ্যদ্বাণী করা ধর্মের

সঙ্গে এদুটির ধর্ম সম্পূর্ণ সদৃশ ছিল। পারমাণবিক পদার্থবিজ্ঞান দ্বারা সৃষ্ট এদুটির অস্থায়ী বন্ধু টেকনেশিয়াম এবং প্রোমেথিয়ামের তুলনায়, এদের অবস্থানটি স্পষ্টভাবে সন্তোষজনক ছিল না।

হিসাব অনুসারে 20 কিলোমিটার গভীরতা বিশিষ্ট ভূত্বকে আনুমানিক 520 গ্রাম ফ্রান্সিয়াম এবং 30 গ্রাম অ্যাস্টাটিন আছে (কোনও কোনও বিষয়ে এটি বেশী হিসেব করা হয়েছে)। টেকনেশিয়াম এবং প্রোমেথিয়ামের পার্থিব "উৎসগুলির'' (উদ্ধৃতিচিহ্ন এখানে অনেক বেশী উপযুক্ত) মাত্রার সঙ্গে এগুলির পরিমাণ একই হয়। সম্ভবত, আমরা একটা ভুল করছি, ফ্রান্সিয়াম এবং অ্যাস্টাটিনের পরিমাণের সম্বন্ধে স্বেচ্ছায় যখন আমরা নেমে এসেছি। কখনও না। টেকনেশিয়াম এবং প্রোমেথিয়াম প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা যায়, কিলোগ্রাম, কিলোগ্রাম পরিমাণে। ঘটনা হলো এই যে, টেকনেশিয়াম এবং প্রোমেথিয়ামের অর্ধজীবন অনেক দীর্ঘ হয়, ফলে প্রচুর পরিমাণে এগুলি সঞ্চিত হতে পারে। কিন্তু অ্যাস্টাটিন ও ফ্রান্সিয়ামের সঞ্চিত হওয়া প্রায় অসম্ভব। এটা সত্য ঘটনা যে, প্রতিবার যখন এগুলির ধর্মের গবেষণা করার দরকার হয়েছে, তখনই এগুলি নতুন রূপে প্রস্তুত হয়েছে।

তেজস্ক্রিয় পরিবারে অ্যাস্টাটিন এবং ফ্রান্সিয়ামের সমস্থানিকগুলিকে তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের প্রধান কাণ্ডে না রেখে পাশের প্রশাখায় রাখা হয়। প্রাকৃতিক ফ্রান্সিয়াম রূপান্তরের প্রধান পথের পাশে যেমন ভাবে জন্মগ্রহণ করে তা হলো এই :

$$^{227}_{89}Ac \begin{cases} \xrightarrow{\beta^-} {}^{227}_{90}Th \\ \xrightarrow{\alpha} {}^{223}_{87}Fr \end{cases}$$

$^{227}_{89}Ac$ সমস্থানিকটি 100 টি কণা নিক্ষেপের মধ্যে 99 টি ক্ষেত্রে বেটা কণা নিক্ষেপ করে, মাত্র একটি ক্ষেত্রে আলফা কণা নিক্ষেপ করে।

অ্যাস্টাটিন গঠনের প্রশাখাটির ক্ষেত্রে অবস্থাটি আরো একটু কঠিন :

$$^{218}_{84}Po \begin{cases} \xrightarrow{\alpha} {}^{214}_{82}Pb \\ \xrightarrow{\beta} {}^{218}_{85}At \end{cases} \qquad ^{216}_{84}Po \begin{cases} \xrightarrow{\alpha} {}^{212}_{84}Pb \\ \xrightarrow{\beta} {}^{216}_{85}At \end{cases} \qquad ^{215}_{84}Po \begin{cases} \xrightarrow{\alpha} {}^{211}_{82}Pb \\ \xrightarrow{\beta} {}^{215}_{85}At \end{cases}$$

এই সমস্ত প্রশাখার ক্ষেত্রে কী বলা যেতে পারে? প্রাকৃতিক অ্যাস্টাটিনের সৃষ্টিকারী পদার্থগুলি (পোলোনিয়ামের সমস্থানিকগুলি) নিজেরাই অত্যন্ত বিরল পদার্থ, এগুলির ক্ষেত্রে আলফা ভাঙ্গনটি কেবলমাত্র যথেষ্টই নয়, কার্যত তেজস্ক্রিয়তার একমাত্র উপায় (ক্রিয়াবিধি)। এগুলির ক্ষেত্রে বেটা

নিক্ষেপ আকস্মিক ব্যাপার বলে মনে হয়, যেটি নিম্নলিখিত তথ্য থেকে সহজে বোঝা যায়।

পোলোনিয়াম-218-এর ক্ষেত্রে প্রতি 5000 টি আলফা কণা নিক্ষেপের মধ্যে মাত্র একটি বেটা কণা নিঃসারিত হয়। পোলোনিয়াম-216 (প্রতি 7000 টিতে একটি) এবং পোলোনিয়াম-215-এর (200 000 টিতে একটি) ক্ষেত্রে অবস্থাটি আরো শোচনীয়। পরিস্থিতি থেকে ব্যাপারটা বোঝা যায়। পৃথিবীতে প্রাকৃতিক ফ্রান্সিয়ামের পরিমাণ আরো বেশী। সবচেয়ে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট অ্যাক্টিনিয়াম সমস্থানিক ^{227}Ac (সেটির অর্ধজীবন 21 বছর) থেকে এটি সৃষ্টি হয় এবং অ্যাস্টাটিন সৃষ্টিকারী পোলোনিয়ামের অত্যন্ত বিরল সমস্থানিকগুলির তুলনায় অ্যাক্টিনিয়মের পরিমাণটি নিঃসন্দেহে বেশী।

অধ্যায় 13

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলসমূহ

92-এর থেকে বেশী পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট সমস্ত মৌলগুলিকে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল বলে। তার মানে, ইউরেনিয়ামের ঠিক পরবর্তী মৌলগুলি। বর্তমানে 15 টি এমন মৌল জানা আছে। ইউরেনিয়ামোত্তর আর কত মৌল আবিষ্কার করা যাবে? উত্তরটা এখনো জানা নেই। বিজ্ঞানের মুগ্ধকারী রহস্যগুলির মধ্যে এটি অন্যতম।

প্রথম ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল নেপচুনিয়াম (পা. ক্রমাঙ্ক 93) যদিও খুব একটা আগে জন্মগ্রহণ করেনি, মাত্র 1940 সালে, তবুও এই ধরনের মৌলের সম্ভাব্য অস্তিত্ব সম্বন্ধে প্রশ্নটি অনেক আগেই উঠেছিল। মেণ্ডেলেয়েভও এটিকে কোনভাবে অগ্রাহ্য করেননি। তিনি বিশ্বাস করতেন যে, এমন কি যদি পৃথিবীতে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল পাওয়া যায়, তাহলে তাদের সংখ্যা সীমিত হবে। 1870 সালে এই ছিল তাঁর মত। 25 বছরেরও বেশী সময় ধরে সমস্যা পড়ে ছিল। নতুন মৌল আবিষ্কারের একাধিক ভ্রান্ত বিবরণ প্রতি বছর দেখা যেতো, কিন্তু ইউরেনিয়ামের থেকে বেশী পারমাণবিক ভর বিশিষ্ট মৌল একবারও দেওয়া যায় নি। পর্যায় সারণীতে ইউরেনিয়াম ছিল শেষ মৌল, এটা যেন স্বতঃসিদ্ধ ছিল, যদিও কেউ বলতে পারতো না কেন।

তেজস্ক্রিয়তা যখন আবিষ্কৃত হয়, তখন মেণ্ডেলেয়েভের সারণীর সবচেয়ে ভারী মৌল ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়ামেরও এই ধর্ম আছে দেখা যায়। এটি খুবই যুক্তিসঙ্গত বলে মনে হতে পারে যে, পূর্বে প্রকৃতিতে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের অস্তিত্ব ছিল, কিন্তু অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী হওয়ার জন্যে এগুলি ভাঙ্গনের দ্বারা জ্ঞাত অন্য মৌলে পরিণত হয়। সরল এই ব্যাখ্যায় একটি গুপ্ত ফাঁদ ছিল, যেমন, ইউরেনিয়ামের ডানদিকের সবচেয়ে কাছের প্রতিবেশীদের সম্ভাব্য অর্ধজীবনকালও সম্পূর্ণ অজ্ঞাত ছিল। নিশ্চিতভাবে

কেউই বলতে পারেনি যে, এই প্রাকল্পিক মৌলগুলি ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়ামের থেকে কম স্থায়ী কিনা। অতএব, প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি খোঁজা যুক্তিসম্মত বলে মনে হয়।

বছর যেতে লাগলো এবং বৈজ্ঞানিক জার্নালে, মাঝে মাঝে প্রথম ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের সফল আবিষ্কারের বাজে খবর প্রকাশিত হয়েছিল। তত্বীয় পদার্থবিজ্ঞান উন্নত হতে লাগলো এবং তা পর্যায় সারণী ইউরেনিয়ামেই শেষ — এই ধারণাটির অবসান কল্পে বারে বারে চেষ্টা করে-ছিল। এই ব্যাখ্যার মধ্যে অনেকগুলি মুগ্ধকর হলেও, কোনটি কিন্তু দৃঢ়ভাবে প্রমাণ করতে পারেনি। অন্য কথায়, এই শতকের দ্বিতীয় দশকে ইউরেনিয়া-মোত্তর মৌলের প্রশ্নটি ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দিকের ন্যায় অস্পষ্ট ছিল।

এই নিরস পটভূমিতে, একটি বিস্ময়কর প্রকল্প আবির্ভূত হয়েছিল, যদিও প্রথমে বিজ্ঞানীগণ এটিকে সন্দেহের চোখে দেখেছিলেন। মাত্র 40 বছর পর প্রকল্পটির নতুন অর্থ হয়েছিল। জার্মান বিজ্ঞানী আর. সুইনে (R. Swinne) 1925 সালে এটি বিবেচনার জন্য পেশ করেন। তিনি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলিকে অদ্ভুত পদার্থে সন্ধান করে ছিলেন — গ্রীনল্যান্ডের বরফের রাজ্যে সঞ্চিত ধূলিকণা, যা মহাকাশে সৃষ্টি হয়েছিল। গত শতাব্দীর আটের দশকে বিখ্যাত মেরু অভিযাত্রী ই. নোর্ডেনস্ক্জোল্ড (I. Nordenskjöld) স্টকহলম যাদুঘরে কালো রঙের অনিয়তাকারর পদার্থ দিয়েছিলেন। 106-110 সংখ্যা বিশিষ্ট ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলির কণা এই অনিয়তাকার পদার্থে পাবেন বলে সুইনে আশা করেছিলেন এবং তাঁর এক বিবরণে তিনি এমনকি উল্লেখ করেন যে, রেখা বিশিষ্ট এক্স-রশ্মি বর্ণালি তিনি লিপিবদ্ধ করেছেন, তাঁর মতে, সে রেখাগুলি 108 সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলের জন্যে হয়। কিন্তু কেউ তাঁকে বিশ্বাস করেনি এবং নিজের থেকে তিনি তাঁর গবেষণা বন্ধ করেছেন।

তেজস্ক্রিয় মৌলের বিবিধ ধর্মের, বিশেষ করে অর্ধজীবনের পার্থক্যের তত্ত্বীয় গবেষণা সুইনে করেছিলেন। তিনি এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, ইউরেনিয়ামের ঠিক পরের মৌলগুলির অর্ধজীবন কম হতে হবে। কিন্তু 98 থেকে 102 এবং 108 থেকে 110 সংখ্যার মধ্যবর্তী মৌলগুলির অর্ধজীবন যথেষ্ট দীর্ঘ বলে ধারণা করা যেতে পারে। কিন্তু কোথায় এগুলিকে পাওয়া যাবে? সুইনে বলেন যে পার্থিব বস্তুতে এটিকে পাওয়া যেতে পারে বলে বাজী ধরা যেতে পারে। এই কারণে, মহাজগত থেকে উদ্ভূত এবং গ্রীনল্যান্ড থেকে প্রাপ্ত ধূলিকণা নিয়ে তিনি গবেষণা করেন। এগুলি

চিত্তাকর্ষক হলেও, প্রতিপন্ন করা যায় নি এবং অতএব, বিস্মৃতিতে তলিয়ে যায়।

এখন আমরা এই কথায় আসবো যে, 'ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল' শব্দগুলি কখন 'সংশ্লেষণ' শব্দটির সঙ্গে সম্বন্ধযুক্ত হতে শুরু করেছিল।

স্ববিরোধী অথচ সত্য বলে যতই মনে হোক না কেন, এটা ঠিক যে টেকনেশিয়াম প্রস্তুতির কয়েক বছর আগের থেকে নতুন মৌলগুলিকে (যেমন, ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি) সংশ্লেষিত করার চেষ্টা হয়েছিল। নিউট্রন আবিষ্কার এই গবেষণাটিকে সক্রিয় করে তুলেছিল। আধানবিহীন এই মৌলিক কণা অসীম ভেদন ক্ষমতা বিশিষ্ট বলে বিজ্ঞানীগণ মনে করেছিলেন এবং এটি সমস্ত রকম মৌলের ব্যাপক রূপান্তর ঘটাতে সক্ষম। তাই নিউট্রন সৃষ্টিকারী সমস্ত গবেষণাগার ইউরেনিয়াম সমেত নানা রকম পদার্থ দিয়ে প্রস্তুত লক্ষ্যবস্তুকে নিউট্রন দিয়ে আঘাত করা শুরু করে দিয়েছিল। এই কাজে বিশেষ সক্রিয় ছিলেন ইটালিয়ান বিজ্ঞানী ই. ফার্মি, যিনি রোম বিশ্ববিদ্যালয়ের নবীন ও উৎসাহী একটি দলের দলপতি ছিলেন।

কিরণবর্ষিত ইউরেনিয়ামে তাঁরা কিছু নতুন সক্রিয়তা লক্ষ্য করেন। ইউরেনিয়াম-238কে কিরণবর্ষণ করলে এটি নিউট্রনকে আত্তীকরণ করে 239 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট ইউরেনিয়ামের এক অজ্ঞাত সমস্থানিকে পরিণত হয়। এই সমস্থানিকে অতিরিক্ত নিউট্রন থাকায় এটির নিঃসন্দেহে বেটা কণা ক্ষরণের প্রবণতা থাকবে। বাঁদিকের বিক্রিয়ার সমীকরণটি যদি $^{239}U - \beta^-$ হয় তবে ডানদিকের বিক্রিয়াটি অবশ্যই $^{239}93$ হতে হবে।

ফার্মি এবং তাঁর নবীন সহকর্মীরা মোটামুটি এইভাবেই যুক্তিটি দেখিয়েছিলেন (যদিও পরিষ্কারভাবে বলেননি কারণ সেই সময় পারমাণবিক পদার্থবিজ্ঞানের অনেক ধারণা যথেষ্ট বিকাশ লাভ করতে পারেনি)। এখন প্রথম ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের সংশ্লেষটি রাসায়নিকভাবে পরীক্ষা করার প্রয়োজন হয়েছিল। এটা দেখাতেই হবে যে নিউট্রন কর্তৃক ইউরেনিয়ামে সক্রিয়তা সৃষ্টির জন্যে অন্যকোন পূর্ববর্তী মৌল দায়ী নয়। তেজস্ক্রিয় রসায়নের সীমাবদ্ধ ক্ষমতার মধ্যে এটি প্রমাণ করা হয়েছিল। এই ভাবে, ফার্মি এবং তাঁর দলের হাতে একটি নতুন ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল এসেছিল এবং যেটি পারমাণবিক সংশ্লেষ দ্বারা প্রথম আবিষ্কার করা হয় (এসব ঘটেছিল 1934 সালে)। তাঁদের ফলাফল সম্বন্ধে ফার্মি এবং তাঁর দল সম্পূর্ণ নিঃসন্দেহ ছিলেন না। ইতিমধ্যে নতুন মৌল সম্বন্ধে খবর, সংবাদপত্রে প্রকাশিত হয়ে পড়ে এবং অস্তিত্বহীন জিনিসের বিশদ বিবরণ

সহকারে আবিষ্কারটি সাজানো হয়েছিল, কারণ 93 নম্বর মৌলের দ্রবীভূত লবণ সমেত একটি পরীক্ষানল ফার্মি ইটালির মহারানীকে উপহার দেন। ইউরেনিয়ামের ওপর নিউট্রনের কিরণবর্ষণের ফলে উদ্ভূত ফলাফল তাঁরা যখন মূল্যায়ন করে যাচ্ছিলেন তখন সংবাদপত্রে এই ধরনের একগাদা চাঞ্চল্যকর বাজে সংবাদ প্রকাশিত হয়েছিল।

ইউরেনিয়াম লক্ষ্যবস্তু থেকে তাঁরা একাধিক বেটা-সক্রিয় পদার্থ নিষ্কাশিত করেছিলেন। এগুলির মধ্যে দুটি রাসায়নিকভাবে অদ্ভুত ছিল, কারণ ইউরেনিয়ামের পূর্ববর্তী মৌলের চেয়ে সহজে এগুলিকে ম্যাঙ্গানিজ (IV) অক্সাইডের সঙ্গে অধঃক্ষিপ্ত করতে পারা যায়। এই পর্যবেক্ষণটি বলেছিল যে 93 নম্বর মৌলটি ম্যাঙ্গানিজের অনুরূপ একা-রেনিয়াম মৌল ছিল। এটির নাম রাখা হয়েছিল অ্যায়ুজোনিয়াম (Auzonium; Ao)। এটি বেটা-সক্রিয় হওয়ার জন্যে পরবর্তী মৌল Z-94-এ রূপান্তরিত হয় যেটি হেস্পেরিয়াম (Hs) নামে পরিচিত। পারমাণবিক বিক্রিয়ার এই ধারাটি ফার্মি নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করেন:

$$^{238}_{92}U + n \longrightarrow {}^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta^-} {}^{239}_{93}Ao \xrightarrow{\beta^-} {}^{239}_{94}Hs$$

জার্মান বিজ্ঞানী এবং অত্যন্ত অভিজ্ঞ তেজস্ক্রিয়-রসায়নবিদ ও. হান, এল. মেইট্‌নের এবং এফ. স্ট্রসম্যান, ধারাটি আরো অনেক দূর চালিয়ে গিয়েছিলেন, বিশেষ করে ও. হান একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কারের জন্যে নাম করেছিলেন। সতর্ক গবেষণার জন্যে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের সংখ্যা আরো তিনটি বেড়েছিল (97 নম্বর মৌল সমেত):

$$_{94}Hs \xrightarrow{\beta^-} {}_{95}EkaIr \xrightarrow{\beta^-} {}_{96}EkaPt \xrightarrow{\beta^-} {}_{97}EkaAu \ldots$$

Eka — এই অগ্রবর্তী সংকেতের অর্থ হলো এই যে, ঐ সব স্ব-স্ব ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি পর্যায় সারণীর ষষ্ঠ পর্যায়ের যথাক্রমে ইরিডিয়াম, প্ল্যাটিনাম এবং সোনার অনুরূপ সদস্য। কিন্তু বিশেষ করে এখানে একটা মারাত্মক ভুল হয়েছিল, যেটিকে খুঁজে পেতে যথেষ্ট সময় লেগেছিল। নিকটতম ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলির ধর্ম, কার্যত সম্পূর্ণ আলাদা ছিল।

বিজ্ঞানের ইতিহাসে অনেক বিস্ময়কর অন্তর্দৃষ্টির কথা জানা আছে,

যেগ্দলি প্রথমে সম্প্র্ণ অবাস্তব বলে মনে হয়েছিল। 1934 সালে, আই. নোডাক ছিলেন এ'দের অন্যতম, যিনি একটি অভিপ্রায় উপস্থিত করেন যে, ইউরেনিয়ামের ওপর নিউট্রন বর্ষিত হলে মোটেই কোন নতুন মৌলের স্ৃষ্টি হয়না, বরং এগ্দলি একাধিক খণ্ডে বিভক্ত হয়ে যায়, যেগ্দলি হাল্কা এবং জানা মৌলের কেন্দ্রীণ। নোডাকের অভিপ্রায়টিকে তাঁর সহকর্মীরা প্রমাণ করেছিলেন এবং হানের বিব্ৃতিটা বিশেষ করে বিদ্র্পাত্মক হয়ে পড়েছিল। কিন্তু তাঁর বিদ্র্পটা ভাগ্যের বিদ্র্পে পরিণত হয়েছিল।

ইউরেনিয়ামের ওপর নিউট্রন কণা বর্ষণের ফলে কী ঘটে, সেটি নির্পণ করার চেষ্টা অন্যান্য বিজ্ঞানীরা ইতিমধ্যে করেছিলেন। ই. জোলিও কুরি এবং তাঁর সহকর্মী সার্বিয়ান, পদার্থবিদ পি. সাভিচ কিরণবর্ষিত ইউরেনিয়াম লক্ষ্যবস্তুটিকে বিশেষ সতর্কতার সঙ্গে বিশ্লেষণ করেন। সক্রিয়তার ফলাফল থেকে তাঁরা একটি রাসায়নিক মৌলের কণা পরিমাণ সনাক্ত করেন, যেটির ধর্ম অ্যাক্টিনিয়ামের ধর্মের সঙ্গে খ্দবই সদ্ৃশ ছিল। তার মানে, এটি পর্যায় সারণীর ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌলের থেকে বরং অগ্রবর্তী মৌল। শীঘ্র দেখা গেলো যে, অ্যাক্টিনিয়ামের থেকে বরং ল্যান্হানামের সঙ্গে এটির অনেক বেশী সাদৃশ্য ছিল। অতএব, ইউরেনিয়ামের ওপর ধীর গতি সম্পন্ন নিউট্রন বর্ষণের ফলে উৎপন্ন অন্যতম বস্তুটি ল্যান্হানামের অন্দর্প ছিল।

অজ্ঞাত মৌলটি ল্যান্হানামের সদ্ৃশ, এই রকম সতর্ক বিব্ৃতি দিয়ে যদি আই. জোলিও কুরি এবং সাভিচ সীমারেখা না টানতেন, কিন্তু যদি বলতেন যে, এটি ল্যান্হানাম বলে সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হয়েছে, তবে বিংশ শতাব্দীর অন্যতম শ্রেষ্ঠ আবিষ্কারের স্রষ্টা (বা, অন্তুতপক্ষে সহ-স্রষ্টা) তাঁরা হতে পারতেন। (এখানে এটা স্মরণ করা সম্প্র্ণ মানানসই হবে যে ল্যান্হানামের সংখ্যা 57 এবং ইউরেনিয়ামের 92 এবং এর সঙ্গে আই. নোডাকের অভিপ্রায়টিও স্মরণ করা যেতে পারে)। এটি খ্দবই অবস্তব মনে হয়েছিল। সত্যি কিন্তু সত্যিই থেকে যায়। কিন্তু আই. জোলিও কুরি এবং সাভিচের ফলাফলগ্দলি এতই প্রত্যয় স্ৃষ্টি করেছে বলে দেখা গিয়েছিল যে, এই ফলাফলের ঘোর বিরোধী সেই ও. হানও স্বয়ং এগ্দলিকে প্রমাণিত করার দায়িত্বটা নিয়েছিলেন। এর অর্থ ছিল যে, তিনি তাঁর নিজের মতামতের সম্বন্ধে সন্দেহ করতে শ্দর্দ করেন।

হান তাঁর সহকর্মী স্ট্রসম্যানের সঙ্গে ফরাসী বিজ্ঞানীদের পরীক্ষাগ্দলি প্দনর্বার করেছিলেন, যে ফরাসী বিজ্ঞানীরা তাঁদের বিরোধী বলে তখনও মনে করতেন। প্রায় সব ফলাফল প্রমাণিত হয়েছিল। ইউরেনিয়াম লক্ষ্যবস্তুতে

ল্যান্হানামের সমস্থানিক ছিল এবং পর্যায় সারণীতে এটির অগ্রবর্তী প্রতিবেশী ছিল বেরিয়াম। রসায়নবিদ হিসেবে হান এ সম্বন্ধে সন্দেহ করেননি। কিন্তু পদার্থবিদ হিসেবে এই ঘটনায় তিনি বিমূঢ় হয়ে পড়েছিলেন।

এটি সত্য যে, ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণের ওপর নিউট্রন বর্ষণে কেন্দ্রীণটি দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে বলে মনে হয় এবং এই অংশগুলি পর্যায় সারণীর মধ্যস্থলে অবস্থিত মৌলের সমস্থানিক ছিল। পারমাণবিক পদার্থবিদদের এমন ঘটনার মুখোমুখি কখনও হতে হয় নি। কিন্তু এ ছাড়া এ ঘটনার অন্য কোন ব্যাখ্যাও জানা ছিল না এবং জার্মান বিজ্ঞানীরা সিদ্ধান্ত করেন যে নিউট্রন কণা বর্ষণের ফলে ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণ ভেঙ্গে যেতে সক্ষম।

23 ডিসেম্বর, 1938 সালে এটি ঘটেছিল। বিজ্ঞানীরা তাঁদের আবিষ্কারটি তৎক্ষণাৎ জানিয়ে দিয়েছিলেন। পরে স্মৃতিচারণে হান বলেছিলেন যে বিবরণের বিষয়টি ডাকঘরে ফেলার পর, এটি তাঁর কাছে এত অবাস্তব বলে মনে হয়েছিল যে ডাকঘর থেকে তাঁর চিঠিটা ফেরৎ পাবার ইচ্ছে হয়েছিল।

অবাস্তবটাই বাস্তব বলে প্রমাণিত হল। কদিন পরে হানের পাঠান একটি চিঠি এল, মেইট্নের পান, যিনি বহু বছর ধরে তাঁর সঙ্গে কাজ করেছিলেন। তিনি এবং তাঁর ভাইপো ও. ফ্রিস্ এই ঘটনার তত্বীয় আলোচনা করার চেষ্টা করেন।

কোন কোন দিক থেকে কেন্দ্রীণগুলিকে তরলের বিন্দুর সঙ্গে তুলনা করা যেতে পারে এবং বিজ্ঞানীগণ কেন্দ্রীণের ধর্মের সঙ্গে তরল বিন্দুর ধর্মের সাদৃশ্য টানার চেষ্টা বারংবার করেছিলেন। আমরা যদি একটি বিন্দু থেকে যথেষ্ট পরিমাণে শক্তি সরিয়ে ফেলি, এবং এটিকে সচল; রাখি, তবে এটি ক্ষুদ্রতর বিন্দুতে ভেঙ্গে পড়বে। যদি একটি কেন্দ্রীণকে উত্তেজিত করা যায় (যেমন, নিউট্রন দিয়ে), তবে এটি ক্ষুদ্রতর অংশে ভেঙ্গে যাবে। ক্রমশ ইউরেনিয়ামের কেন্দ্রীণের আকারটি বিকৃত হয়ে পড়বে, এটি লম্বভাবে সরু হয়ে যাবে এবং অবশেষে দুটি অংশে ভেঙ্গে যাবে। ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণের ভাঙ্গনের প্রক্রিয়াটি এই ভাবে মেইটনের এবং ফ্রিস্ বর্ণনা করেন। তাঁরা লিখেছিলেন যে, বীজাণু কোষের বিভাজন দ্বারা বীজাণু যেমন করে বংশবৃদ্ধি করে, তার সঙ্গে এই প্রক্রিয়াটির অসাধারণ মিল ছিল। এবং এই প্রক্রিয়াটির নাম "পারমাণবিক বিভাজন" রাখার প্রস্তাব করেন।

একটি ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণ বিভাজিত হয়ে দুটি অংশে বিভক্ত হলে

প্রচুর পরিমাণে শক্তি নির্গত হয়। বিভাজনের দ্বারা মুক্ত নিউট্রনও উৎপন্ন হয়। নিউট্রনগুলি ইউরেনিয়ামের অন্যান্য কেন্দ্রীণকেও আঘাত করে বিভাজিত করতে পারে এবং এই ভাবে বিক্রিয়াটি চলতে পারে। উপযুক্ত অবস্থায় ইউরেনিয়াম পিণ্ডে এই রকম শৃংখল বিভাজন বিক্রিয়ায় প্রভূত ক্ষমতা সম্পন্ন পারমাণবিক বিস্ফোরণ ঘটতে পারে। 1940 সালেই, সোভিয়েত বিজ্ঞানী ইয়া. জেল'ডোভিচ (Ya. Zel'dovich) এবং ইয়ু. খারিটন (Yu. Khariton) শৃংখল বিভাজন বিক্রিয়ার যথাযথ তত্ত্ব উদ্ভাবন করেন। মানুষ কোন একটি প্রক্রিয়ার ওপর কর্তৃত্ব করেছিল, যেটি আপাতদৃষ্টে, প্রকৃতিতে অজানা ছিল। মৌলের রূপান্তরের বিষয় মানুষ এতদিন যতগুলি প্রক্রিয়ার সম্মুখীন হয়েছিল, তার মধ্যে এইটাই ছিল সবচেয়ে বোধগম্য। ইউরেনিয়াম বিভাজনে প্রাপ্ত অংশগুলিতে দস্তা (সংখ্যা 30) থেকে গ্যাডোলিনিয়াম (সংখ্যা 64) পর্যন্ত 34টি মৌলের সমস্থানিক পাওয়া যায়। বিভাজন বিক্রিয়াটি তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকের কারখানা বলে যথার্থভাবেই প্রমাণিত হয়েছে।

নিউট্রন দ্বারা ইউরেনিয়ামের বিভাজনটি কৃত্রিমভাবে করা হয়েছিল। প্রত্যেকটি ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীণের বিভাজন হয় না এবং প্রতিটি নিউট্রনও বিভাজিত করাতে পারে না। বিভাজন ক্রিয়াবিধি নিয়ে বিজ্ঞানীগণ যখন বিশদভাবে গবেষণা করতে লাগলেন, তখন তাঁরা বুঝেছিলেন যে ধীরগতি সম্পন্ন নিউট্রনের প্রভাবে বিভাজনটির ক্ষমতা অনেক বেশী হয় এবং যদি 235 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট ইউরেনিয়াম সমস্থানিক ব্যবহার করা হয়। দ্রুত গতি সম্পন্ন নিউট্রন বর্ষণের ফলেই কেবলমাত্র ইউরেনিয়াম-238 সমস্থানিকের বিভাজন সংঘটিত হয়। ইউরেনিয়ামের কৃত্রিম বিভাজনের অনুরূপ প্রাকৃতিক প্রক্রিয়া কি হতে পারে? এন. বোর এ বিষয়ে চিন্তা-ভাবনা করেছিলেন এবং ইউরেনিয়ামের সম্ভাব্য স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনের সম্বন্ধে একটি প্রকল্প উপস্থাপন করেন (কেন্দ্রীণে বহিঃশক্তির স্থানান্তর ছাড়াই)।

সোভিয়েত বিজ্ঞানী জি. ফ্লেরভ (G. Flerov) এবং কে. পেটর্জাক (K. Petrzhak) এই প্রকল্পটিকে পরীক্ষার দ্বারা প্রতিপন্ন করতে চেষ্টা করেন। ইউরেনিয়ামের কেন্দ্রীণের বিভাজনটি যে প্রকৃতপক্ষে স্বতঃস্ফূর্ত ছিল এটি কি করে প্রতিপন্ন করবেন? কসমিক রশ্মির এলোমেলো নিউট্রন যা পরীক্ষাগারে ঢুকছে, তা পরীক্ষার ফলাফলকে বিকৃত করতে পারে। এই কারণে 1940 সালের শরৎকালের এক মধ্যরাতে ফ্লেরভ এবং পেটর্জাক

মস্কোর পাতাল রেলের গভীরতম স্টেশনে নেমে এসেছিলেন। পৃথিবীপৃষ্ঠের অনেক মিটার নিচে, কসমিক রশ্মির ক্ষতিকারক প্রভাব এড়ানো যেতে পারে। সেই রাতে তাঁরা তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের একটি নতুন ধরনের (যেমন কেন্দ্রীণের স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনের) অস্তিত্বের চূড়ান্ত প্রমাণটি পেয়েছিলেন (তাঁরা কেবলমাত্র ইউরেনিয়াম-238 নিয়ে কাজ করেছিলেন)। পরে ভারী মৌলের (থোরিয়াম এবং বিশেষ করে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের) অনেক সমস্থানিকের ক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয় ভাঙ্গনের এই প্রক্রিয়াটি দেখা গিয়েছিল। বর্তমানে নানান মৌলের প্রায় একশো কেন্দ্রীণের স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজন বিজ্ঞানে জানা আছে। স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনের ক্রিয়াবিধিটি নিউট্রনকণা বর্ষনের ফলে সৃষ্টি বিভাজন ক্রিয়াবিধির অনুরূপ।

বর্তমানে ইউরেনিয়ামোত্তর প্রত্যেকটি মৌলের আবিষ্কারের গল্প সম্বন্ধে আমাদের যথেষ্ট জানা আছে, কারণ ঠিক এই মৌলের সারিতে স্বতঃ-স্ফূর্ত বিভাজনটি একটি উল্লেখযোগ্য ভূমিকায় অংশ গ্রহণ করে।

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসটি চল্লিশ বছর কাটিয়ে দিয়েছে এবং আধুনিককালের তুলনায় এটি মোটামুটি দীর্ঘ সময় এবং এই সময়ের মধ্যে বিজ্ঞানীগণ ইইউরেনিয়ামের পরে 107 তম মৌল পর্যন্ত মাত্র পনেরো পা অগ্রসর হতে পেরেছিলেন। তুলনা করার জন্যে যদি আমরা একটি কাঠামো নেই এবং 1 থেকে 92 পর্যন্ত মৌল গুলিকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর এবং এগুলির আবিষ্কারের বছরটি উল্লম্ব অক্ষ বরাবর স্থাপন করি, তাহলে উদ্ভূত লেখচিত্রটি সর্বনাশা ভূকম্পনের সিসমোগ্রামের ন্যায় দেখতে লাগবে। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলিকে অনুরূপভাবে স্থাপন করলে রেখাটি মসৃণভাবে উন্নীত হয়ে স্পষ্ট করে শিখরদেশটি দেখায়। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের প্রত্যেকটি নতুন সংশ্লেষণের অর্থ হলো একটি পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধি (একটি মাত্র ব্যতিক্রম ছাড়া)।

সংশ্লেষের ইতিহাসে দেখা যে, এটি কখনও সফল ছিল, কখনও কর্মহীন অবস্থায় ছিল। 1940 থেকে 1945 সালের মধ্যে প্রথম এটি সচল হতে দেখা যায়, যখন নেপচুনিয়াম (Z=93), প্লুটোনিয়াম (Z=94), আমেরিসিয়াম (Z=95) এবং কুরিয়াম—এই চারিটি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল আবিষ্কৃত হয়। 1949 সাল পযন্ত সময়টা বিরতি অবস্থায় কেটেছে, কোন নতুন মৌল এসময় আবিষ্কৃত হয় নি। পরবর্তী সফল সময়টি ছিল 1949—1952 পর্যন্ত, যখন আরো চারিটি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল আবিষ্কৃত হয়, যেমন বার্কেলিয়াম (Z=97), ক্যালফোর্নিয়াম (Z=98), আইনস্টাইনিয়াম (Z=99) এবং ফার্মিয়াম

(Z=100)। প্রথম ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলটি আবিষ্কারের পনেরো বছর পর 1995 সালে আরো একটি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল মেণ্ডেলেভিয়াম (Z=101 সংশ্লেষিত হয়। পরবর্তী 25 বছর আরো কম সংখ্যায় সংশ্লেষণ হয় এবং মাত্র ছটি মৌলকে পর্যায় সারণীতে দেখা যায়। এখানে বিজ্ঞানীরা সম্পূর্ণ নতুন অবস্থার সম্মুখীন হয়েছিলেন এবং মৌলের আবিষ্কার নির্ধারণের পূর্ববর্তী বৈশিষ্ট্যগুলি এক্ষেত্রে অপ্রযোজ্য ছিল বলে প্রমাণিত হয়।

পরিবর্তনশীল এই নিদর্শনটি কোন ভাবেই এলোমেলো ছিল না। সকল সাফল্যের এবং ব্যর্থতার জন্যে সম্পূর্ণ বাস্তব কারণ ছিল। নেপচুনিয়াম থেকে প্রথম শুরু করে একটির পর একটি ইউরেনিয়ামোর্ত্তর মৌলকে যখন আমরা আলোচনা করবো তখন এটি স্পষ্ট বলে মনে হবে।

নেপচুনিয়াম

ইউরেনিয়ামোত্তর প্রথম মৌলের লবণ-ভর্ত্তি টেস্টটিউব ফার্মি অবশ্য কখনই ইটালির মহারানীকে উপহার দেননি। এটি সংবাদপত্রের লোকের বিশিষ্ট নকল ছাড়া আর কিছুই নয়। কিন্তু এটি ঠিক যে, ফার্মির হাতে 93 নম্বর মৌলটি ছিল, যদিও সেই সময় এটি প্রমাণ করা যায় নি। তাঁর পরীক্ষায় ইউরেনিয়াম লক্ষ্যবস্তুটি দুটি সমস্থানিক দিয়ে গঠিত ছিল, যেমন ইউরেনিয়াম-238 এবং ইউরেনিয়াম-235। পরের সমস্থানিকটি ধীরগতি সম্পন্ন নিউট্রনের প্রভাবে বিভাজিত হয়ে একাধিক অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে, যেগুলি পর্যায় সারণীর মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থিত মৌলের কেন্দ্রীণ ছিল। এগুলি রাসায়নিক অবস্থাটিকে দারুণ জটিল করে তুলেছিল,, কিন্তু বিভাজনটি আবিষ্কৃত হওয়ার পরেই কেবল এটি বোঝা গিয়েছিল।

কিন্তু ইউরেনিয়াম-238 নিউট্রনকে আত্তীকরণ করে ইউরেনিয়াম-239-এ পরিণত হয়, যেটি ইউরেনিয়ামের একটি নতুন সমস্থানিক। বেটা-সক্রিয় এই সমস্থানিকটি 93 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট ইউরেনিয়ামোত্তর প্রথম মৌলটির সমস্থানিক উৎপন্ন করে। ফার্মি এবং তাঁর দল যা ভেবেছিলেন, এটা হলো ঠিক তাই। বহু সংখ্যক বিভাজিত অংশের মধ্যে থেকে নেপচুনিয়ামের ভবিষ্যতটি আলাদা করা বেশ কঠিন ছিল। এই কারণে তৃতীয় দশকের মধ্যে করা পরীক্ষা থেকে কোন ফল পাওয়া যায়নি।

হান এবং স্ট্রসম্যানের আবিষ্কার ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের প্রকৃত সংশ্লেষকে চূড়ান্তভাবে প্ররোচিত করে। প্রথমেই, বিভাজিত অংশগুলির

মধ্যে 93 নম্বর মৌলের পরমাণগুলিকে সনাক্ত করার জন্যে একটি উপযুক্ত প্রকৌশলের প্রয়োজন ছিল। এই সমস্ত অংশের ভরগুলি অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায়, অধিক ভর বিশিষ্ট 93 নম্বর মৌলের পরমাণুর তুলনায় এগুলিকে অনেক পথ (দীর্ঘ পথ) অতিক্রম করতে হয়েছিল।

ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের আমেরিকান পদার্থবিদ ই. ম্যাকমিলান এর যুক্তিটি এইভাবে চলেছিল। 1939 সালের বসন্তকালের পর, তিনি ইউরেনিয়ামের বিভাজিত অংশগুলি তাদের পথ বরাবর বণ্টণের বিশ্লেষণটি আরম্ভ করেন। তিনি বিভাজিত অংশের এমন একটি নমুনা পেতে সক্ষম হয়েছিলেন, যেটির পথটি খুবই ছোট এবং এই নমুনায় তিনি 2·3 দিন অর্ধজীবন বিশিষ্ট একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের কণা পরিমাণ খুঁজে পেয়েছিলেন, যে মৌলটির বিকিরণের মাত্রা খুবই বেশী। অন্যান্য বিভাজিত অংশগুলিতে এমন সক্রিয়তা দেখা যায় না। ম্যাকমিলান দেখিয়েছিলেন যে অজ্ঞাত এই বস্তুটি ইউরেনিয়ামের একটি সমস্থানিকের বিভাজনের ফলে উৎপন্ন হয়, এটিকে সেই ছোট ছোট পথটিতেও পাওয়া যায়। ফার্মি কর্তৃক প্রস্তাবিত বিক্রিয়ার ক্রমটি লেখা হয়েছিল এইভাবে:

$$^{238}_{92}U + n \longrightarrow {}^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta-} {}^{239}93$$

অজ্ঞাত অবস্থায় এখন আর গবেষণাটি পরিচালিত করা হয় না। নতুন মৌলটিকে সনাক্তকরণে রাসায়নিক বিশ্লেষণ ছিল চূড়ান্ত ধাপ। গ্রীষ্মের ছুটিতে ম্যাকমিলান তাঁর বন্ধু এবং রসায়নবিদ পি. অ্যাবেলসন (P. Abelson) কে আমন্ত্রণ জানিয়েছিলেন এবং 93 নম্বর মৌলটি আবিষ্কারের ব্যাপারে এই সাক্ষাৎকার অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা নিয়েছিল। নতুন মৌলটির রাসায়নিক প্রকৃতি এবং 2·3 দিন অর্ধজীবনটি তাঁরা দুজনে একত্রে নির্ধারণ করেন। ইউরেনিয়াম এবং থোরিয়াম থেকে মৌলটি রাসায়নিকভাবে পৃথক করা যায়, যদিও কিছু ব্যাপারে মৌলটি এগুলির সঙ্গে সদৃশ ছিল। কিন্তু নতুন মৌলটি কোনভাবেই রেনিয়ামের সঙ্গে সদৃশ ছিল না। 93 নম্বর মৌলটি একা-রেনিয়াম ছিল, এই প্রকল্পটিকে এটি চূড়ান্তভাবে অবশেষে বাতিল করে দেয়।

1940 সালের শুরুতে ফিজিক্যাল রিভিয়ু জার্নালে 93 নম্বর মৌলটির চূড়ান্ত আবিষ্কারের বিবরণটি প্রকাশিত হয়। সৌর মন্ডলের ইউরেনাস গ্রহের পরবর্তী গ্রহ নেপচুনের নামানুসারে এই মৌলটির নাম

রাখা হয় নেপচুনিয়াম (পর্যায় সারণীতেও এই সাদৃশ্য আছে, যেখানে ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌল হলো নেপচুনিয়াম)।

নেপচুনিয়ামের সংশ্লেষণটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য দেখিয়েছিল, সমস্ত ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের সংশ্লেষণের জন্যে যেটি বিশেষ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল (এবং অন্যান্য সংশ্লেষিত মৌলের ক্ষেত্রেও)। নির্দিষ্ট ভরসংখ্যা বিশিষ্ট একটি সমস্থানিক প্রথম সংশ্লেষিত হয়। নেপচুনিয়ামের জন্যে এটি ছিল নেপচুনিয়াম 239। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের প্রথম সমস্থানিকের বিশ্বাসযোগ্য সংশ্লেষণের দিনই ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌলটির আবিষ্কারের দিন বলে বিবেচনা করা, তখন থেকেই একটি নিয়মে দাঁড়িয়ে গেছে। কিন্তু কখনও কখনও এই সমস্থানিকটি এত ক্ষণস্থায়ী হয় যে এগুলির ভৌত এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণ করা অত্যন্ত কঠিন ছিল এবং গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োজনে ব্যবহার করা যেতো না। সবচেয়ে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকের সাহায্যে নতুন মৌলিটর গবেষণা সবচেয়ে সহজে করা যেতে পারে। নেপচুনিয়ামের ক্ষেত্রে এটি ছিল নেপচুনিয়াম-237, যেটি 1942 সালে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে সংশ্লেষণ করা হয়:

$$^{238}_{92}U\ (n,\ 2n)\ ^{237}_{92}U \xrightarrow{\beta-} {}^{237}_{93}Np$$

এই সমস্থানিকটির অর্ধজীবন $2 \cdot 2 \times 10^6$ বছর। কিন্তু এটির সংশ্লেষণে প্রকৌশলগত অনেক অসুবিধে আছে। অতএব, এটির তৃতীয় সমস্থানিক, নেপচুনিয়াম-238-এর সাহায্যে নেপচুনিয়ামের ধর্মের সকল প্রাথমিক ধর্মের গবেষণা করা হয়েছিল, যেটি $^{238}_{92}U\ (d,\ 2n)\ ^{238}_{93}Np$ পারমাণবিক বিক্রিয়ার সাহায্যে সংশ্লেষিত করা হয়। সুতরাং, বিশ্লেষণের পক্ষে সবচেয়ে উপযোগী সমস্থানিকের সংশ্লেষ-তারিখটি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসে উল্লেখ করা হয়, কিন্তু এটি যে সব সময় সবচেয়ে দীর্ঘ জীবনবিশিষ্ট হতে হবে তার কোন মানে নেই।

নেপচুনিয়াম থেকে আরম্ভ করে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি আবিষ্কারের ক্ষেত্রে আমেরিকান বিজ্ঞানীগণ অনেক দিন ধরে মুখ্য ভূমিকায় অংশ গ্রহণ করেছিলেন। এটিকে সহজে ব্যাখ্যা করা যায় যে দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের দুঃখ কষ্ট USA কে বড় একটা ভোগ করতে হয় নি। এখানে উল্লেখ করা উচিত যে 1942 খ্রিস্টাব্দে, জার্মান পদার্থবিদ কে. স্টার্কে (K. Starke) স্বতন্ত্রভাবে 93 নম্বর মৌলটি সংশ্লেষিত করেন।

1944 খ্রিস্টাব্দে স্বল্প পরিমাণ (মাত্র কয়েক মাইক্রোগ্রাম) নেপচুনিয়াম



জি. ফ্লেরভ

সংশ্লেষিত হয়। পারমাণবিক চুল্লীতে (রিএ্যাক্টরে) এটি দশ দশ কিলোগ্রাম পরিমাণে প্রস্তুত করা হচ্ছে।

বর্তমানে নেপচুনিয়ামের তেরোটি সমস্থানিক জানা আছে। এগুলির মধ্যে একটিকে প্রকৃতিতে 1952 সালে পাওয়া যায় (নেপচুনিয়াম-237)। পূর্বে সংশ্লেষিত একটি মৌলকে প্রকৃতিতে পাওয়া যাওয়ার এটি হলো আর একটি উদাহরণ এবং এর জন্যে দুটি আবিষ্কারের দিন দেওয়া যেতে পারে (যেমন টেকনেশিয়াম, প্রোমেথিয়াম, অ্যাস্টাটিন এবং ফ্রান্সিয়াম)।

প্লুটোনিয়াম

নেপচুনিয়াম-239 সমস্থানিকটি ছিল বেটা-সক্রিয় এবং নিয়মানুসারে এটির পরবর্তী মৌলে (নম্বর 94) পরিবর্তিত হওয়া উচিত ছিল। ম্যাকমিলান এবং অ্যাবেন্‌সন এই মৌলটিকেও আবিষ্কারের আশা করেছিলেন কিন্তু তাঁদের স্বপ্ন সফল হয় নি। পরে যা দেখা গিয়েছিল তাহলো, 239 ভরসংখ্যা বিশিষ্ট 94 নম্বর মৌলের অর্ধজীবনটি দীর্ঘ এবং এটির সক্রিয়তা ক্ষীণ। নেপচুনিয়ামের আবিষ্কারকরা অজ্ঞাত উৎসের আলফা কণাকে সনাক্ত করেন (94 নম্বর মৌল থেকে স্পস্টভাবে নিঃসারিত হতে পরে দেখা গিয়েছিল) এবং তাঁদের গবেষণা বন্ধ করে দেন।

বিখ্যাত আমেরিকান বিজ্ঞানী সিবর্গ (Seaborg)-এর নেতৃত্বে 94 নম্বর মৌলের সংশ্লেষণের কাজটি করা হয়, যাঁর দলটি অনেক ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল আবিষ্কার করে। 1940-41 সালের শীতকালে, ^{238}U (d, 2n) পারমাণবিক বিক্রিয়াটি তাঁরা গবেষণা করেন, যেটি নেপচুনিয়াম-238 সমস্থানিক উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াজাত পদার্থে সময়ের সঙ্গে আলফা-সক্রিয় পদার্থ সঞ্চিত হয়। বিজ্ঞানীগণ পদার্থটি নিষ্কাশন করেন এবং দেখেন যে এটি ছিল 238 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট 94 নম্বর মৌলের একটি সমস্থানিক, 50 বছর যার অর্ধজীবন। সৌর মন্ডলের প্লুটো গ্রহের নামানুসারে মৌলটির নামকরণ করা হয় প্লুটোনিয়াম।

কিন্তু, আর একবার দেখা যায় যে এই সমস্থানিকটি সবচেয়ে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট ছিল না। দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকের ভর সংখ্যা হলো 244 এবং অর্ধজীবন হলো $8{\cdot}3\times10^7$ বছর, যেটি মাত্র 1952 সালে আবিষ্কৃত হয়। 1941 সালের বসন্তকালে প্লুটোনিয়াম-239 সমস্থানিকটির সংশ্লেষণ দ্বারা প্লুটোনিয়ামের গবেষণার যথেষ্ট অগ্রগতি হয়েছিল। প্রথমত, এটি দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট ছিল (24360 বছর অর্ধজীবন বিশিষ্ট) এবং দ্বিতীয়ত, ধীর গতি সম্পন্ন নিউট্রনের প্রভাবে এটির বিভাজনের তীব্রতা ইউরেনিয়াম-235-এর থেকে অনেক বেশী ছিল। পারমাণবিক অস্ত্রে এটির ব্যবহারের এইটিই ছিল চূড়ান্ত কারণ। এই মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি বিশেষ সতর্কতার সঙ্গে গবেষণা করা হয়েছিল। এর ফলে, পর্যায় সারণীর সবচেয়ে অধিক গবেষিত মৌলের অন্যতম মৌল হয়ে উঠেছিল প্লুটোনিয়াম। এছাড়াও, পরবর্তী ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলিকে সংশ্লেষণের জন্যে প্লুটোনিয়াম-239 লক্ষ্যবস্তু হিসেবে ব্যবহার করা যায়। মাত্র চারের দশকের শেষের দিকে এসমস্ত বিশদভাবে জানা হয়ে গিয়েছিল, যখন পারমাণবিক শক্তির বিষয়ে অনেক কাজ আর গোপন ছিল না। নতুন মৌলের আবিষ্কারের খবরটি বহুকাল ধরে গোপন রাখা হয়েছিল, এটি মৌলের ইতিহাসের ক্ষেত্রে একটি অসাধারণ বৈশিষ্ট্য ছিল।

প্লুটোনিয়াম সম্বন্ধে গবেষণায় প্রচেষ্টার মাত্রা এতই বেশী ছিল যে আগষ্ট, 1942-এর মধ্যে এটিকে ওজন পরিমাণ প্রস্তুত করা হয়েছিল (সংশ্লেষিত মৌলের ইতিহাসে দ্রুততম গবেষণা)। আমাদের এই কালে পৃথিবীতে বিদ্যমান অনেক স্থায়ী মৌলের থেকে প্লুটোনিয়াম অনেক বেশী পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়। বর্তমানে প্লুটোনিয়ামের 17 টি সমস্থানিক জানা আছে।

নেপচুনিয়ামের ন্যায় প্লুটোনিয়াম-239 সমস্থানিকটি ইউরেনিয়াম খনিজে পাওয়া যায়, অবশ্যই প্রতীক পরিমাণে। প্রাকৃতিক নিউট্রনের প্রভাবে এটি ইউরেনিয়ামে প্রস্তুত হয়। অতএব, পর্যায় সারণীতে প্রাকৃতিক শেষ সীমা রূপে প্লুটোনিয়াম অবস্থান করে এবং এটির আবিষ্কারের দুটি দিনের কথা আমরা বলতে পারি।

আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়াম

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসে, সম্ভবত এটি একমাত্র ঘটনা যেখানে উচ্চ পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলটি (Z=96) তার অগ্রবর্তী মৌলটির (Z=95) থেকে আগে সনাক্ত করা হয়। জুলাই, 1944 সালে, ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌল সংশ্লেষণে ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের সাইক্লোট্রনটি কাজে লাগানো হয়েছিল, যে যন্ত্রটি প্লুটোনিয়াম সমেত সাইক্লোট্রনটি কাজে লাগানো হয়েছিল, যে যন্ত্রটি প্লুটোনিয়াম সমেত একাধিক সংশ্লেষিত মৌলের গুপ্তরহস্য ফাঁস করে দিয়েছিল। সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মীরা প্লুটোনিয়াম-239 লক্ষ্যবস্তুটিতে ত্বরণযুক্ত আলফা কণা বর্ষণ করেন। যে কেউ সহজে ধারণা করতে পারে যে দুটি আধান বিশিষ্ট আলফা কণা (হিলিয়াম কেন্দ্রীণ) দ্বারা উৎপন্ন পদার্থটি 96 নম্বর মৌলের সমস্থানিক হতে পারে, যদি উৎপন্ন কেন্দ্রীণ থেকে নিউট্রন নিঃসারিত হয়। প্রক্রিয়াটির ক্রিয়াবিধি এমন যদি হয় যাতে নিউট্রনের পরিবর্তে প্রোটন নিঃসারিত হয়, তবে সে ক্ষেত্রে 95 নম্বর মৌল সংশ্লেষণ করা যেতে পারে। বাস্তবিক, প্লুটোনিয়াম লক্ষ্যবস্তু থেকে একাধিক তেজস্ক্রিয় পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং প্রথম অবস্থায় "কোনটি যে কে" তা নির্ধারণ করা কঠিন ছিল। দক্ষ রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারাই কেবলমাত্র জানা গিয়েছিল যে মিশ্রণটিতে নিশ্চিতভাবে $^{242}96$ সমস্থানিকটি ছিল। আবিষ্কারটিকে প্রতিপন্ন করতে, প্লুটোনিয়াম-239, ঐ একই সমস্থানিকটির ওপর শক্তিশালী নিউট্রন রশ্মি বর্ষণ করা হয়, যাতে নিম্নলিখিত শৃংখলাকার বিক্রিয়াটি সংঘটিত হতে পারে:

$$^{239}Pu + n \rightarrow {}^{240}Pu + n \rightarrow {}^{241}Pu \xrightarrow{\beta^-} {}^{241}95 + n \rightarrow {}^{242}95 \xrightarrow{\beta^-} {}^{242}96$$

নিউট্রন আত্তীকরণের পর বেটা-ভাঙ্গনের দ্বারা প্লুটোনিয়াম 95 নম্বর মৌলে পরিণত হয় এবং এই মৌলটি আরো নিউট্রন আত্তীকরণের পর 96 নম্বর মৌলে পরিণত হয়।

অন্তিম এই বস্তুটি 242 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট 96 নম্বর মৌলের সমস্থানিকের সঙ্গে অভিন্ন ছিল বলে বিজ্ঞানীগণ অনুমান করেন। কুরিদের নামানুসারে নতুন এই মৌলটির নাম রাখা হয় কুরিয়াম। এই নাম রাখার ব্যাপারে অন্য একটি কারণও ছিল। মেণ্ডেলেয়েভের পর্যায় সারণীতে 96 নম্বর মৌলটি বিরল মৃত্তিকা শ্রেণীর অন্তর্গত গ্যাডোলিয়ামের অনুরূপ ছিল বলে মনে করা হয় এবং জে. গ্যাডোলিন দ্বারা এই শ্রেণীর ইতিহাসটি আরম্ভ হয়; তেজস্ক্রিয়তার গবেষণার ব্যাপারে কুরিরা যেমন অগ্রগণ্য ছিলেন, যে তেজস্ক্রিয়তার উন্নয়নের ফলে এত বিস্ময়কর ফলাফলের সৃষ্টি হয়েছিল।

জানুয়ারী, 1945 সালে প্লুটোনিয়ামের ওপর নিউট্রন বর্ষণে উৎপন্ন বস্তু থেকে 95 নম্বর মৌলটি নিষ্কাশিত করা হয়। আমেরিকার সম্মানার্থে মৌলটির নাম রাখা হয় আমেরিসিয়াম (বিরলমৃত্তিকা শ্রেণীর মৌল ইউরোপিয়ামের সঙ্গে এটির সাদৃশ্য থাকার জন্যে)।

সংশ্লেষ সম্বন্ধে গবেষকদের যথেষ্ট অভিজ্ঞতা থাকা সত্ত্বেও, আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়াম প্রস্তুতির সঙ্গে জড়িত সমস্যাগুলি অস্বাভাবিক রকমের বেশী ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়। আমেরিসিয়াম-241 এবং কুরিয়াম-242 এর মধ্যে সঠিকভাবে পার্থক্য নির্ণয় করতে যথেষ্ট সময় লেগেছিল। উভয় সমস্থানিক দুটির জীবন সবচেয়ে দীর্ঘ ছিল না বলে প্রমাণিত হয়েছিল। দীর্ঘতম জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকগুলি ছিল যথাক্রমে আমেরিসিয়াম-243 (অর্ধজীবন 7950 বছর) এবং কুরিয়াম-247 (অর্ধজীবন 1.64×10^7 বছর, এগুলি পাঁচের দশকে মাত্র সংশ্লেষিত হয়। বর্তমানে আমেরিসিয়ামের 11 টি এবং কুরিয়ামের 13 টি সমস্থানিক জানা আছে। এই দুই মৌলের আরো কিছু ঘটনা এখানে দেওয়া হলো। 1945 খ্রিটাব্দে বিশুদ্ধ আমেরিসিয়াম নিষ্কাশিত হয় এবং 1951 সালে, ধাতব রূপে এটিকে প্রস্তুত করা হয়। ঐ একই বছর ধাতব কুরিয়ামও প্রস্তুত করা হয়।

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসটির প্রথম সফল সময়টি শেষ হয় কুরিয়াম আবিষ্কার দিয়ে। বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে নেপচুনিয়াম, প্লুটোনিয়াম, আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়ামের আবিষ্কারগুলির দারুণ গুরুত্ব ছিল। এটাই ছিল সেই প্রথমবার যখন পর্যায় সারণীর সীমারেখাটি বিজ্ঞানীরা কৃত্রিমভাবে প্রসারিত করেছিলেন। প্রত্যাশিত ধর্মের থেকে এই সমস্ত মৌলের ধর্মগুলি সম্পূর্ণ আলাদা ছিল এবং পর্যায় সারণীতে এই সমস্ত মৌলগুলিকে সবচেয়ে ভালোভাবে কী করে রাখা যায় সে বিষয় রসায়নবিদদের গভীরভাবে চিন্তা করতে হয়েছিল।

প্লুটোনিয়াম-239 সহজে পাওয়া যায় বলে আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়ামের সংশ্লেষগুলি তাড়াতাড়ি হয়েছিল। প্রচুর পরিমাণে এটিকে কী করে প্রস্তুত করতে হয় বিজ্ঞানীরা তা তাড়াতাড়ি শিখে নিয়েছিলেন। অতএব, প্লুটোনিয়াম লক্ষ্যবস্তু উৎপাদনে কোন সমস্যা ছিল না। সংশ্লেষিত আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়ামকে প্রচুর পরিমাণে প্রাপ্তির ওপর পরবর্তী উন্নতিটা নির্ভর করত। এতে অনেক সময় লেগেছিল। কিন্তু ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌলের পথে এটি একমাত্র বাধা ছিল না। কাগজের ওপর পারমাণবিক বিক্রিয়ার সমীকরণটি লেখা দেখলে, এটি বিস্ময়কর রকম সরল লাগে, কিন্তু কেবলমাত্র বিশেষজ্ঞরা উপলব্ধি করতে পারেন, কী দারুণ পরিমাণ সমস্যা এটির সঙ্গে জড়িত। পরীক্ষার সামান্যতম বিষয় সম্বন্ধেও গবেষকদের বিশদভাবে কাজ করতে হয় এবং পারমাণবিক বিক্রিয়ার অনুকূলতম অবস্থাটি খুঁজে বার করতে হয়। সংশ্লেষিত সমস্থানিকের তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের ধরনের এবং এগুলির অর্ধজীবন সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করার জন্যে তাঁদের সতর্কতার সঙ্গে তত্ত্বীয় গণনা করতে হতো। পর্যায় সারণীর অসাধারণ শ্রেণীবিভাগটি রসায়নবিদদের যেমন সহায়তা করেছে, দুর্ভাগ্যের বিষয় পারমাণবিক পদার্থবিদদের এটি তেমন কোন সহায়তা করতে পারেনি। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের আবিষ্কারের বন্ধ্যা সময়টি পাঁচ বছর চলেছিল। এ ব্যাপারে আরো একটি কারণ উল্লেখ করা উচিত। আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা এত প্রচণ্ড যে, খোলা অবস্থায় এগুলি নিয়ে কাজ করা মারাত্মক বিপদ ঘটাতে পারে। তথাকথিত, এই ধরনের উত্তপ্ত গবেষণাগারের জন্যে বিশেষ যন্ত্রপাতির প্রয়োজন ছিল।

1949 খ্রিস্টাব্দের শেষের দিকে, আলফা কণা দিয়ে বর্ষণের উপযোগী আমেরিসিয়াম লক্ষ্যবস্তুটি প্রস্তুত করতে সিবর্গের দলটি সক্ষম হয়েছিল। তাত্ত্বিকদের দ্বারা ভবিষ্যদ্বাণী-করা প্রাপ্ত পারমাণবিক বিক্রিয়াটি ছিল $^{1}Am\ (\alpha, 2n)^{243}97$ । বার্কেলের (ক্যালিফোর্নিয়া) সম্মানার্থে মৌলটির নাম রাখা হয় বার্কেলিয়াম (Bk) এবং বিরলমৃত্তিকা মৌল টারবিয়ামের (ইটারবি গ্রামটিকে স্মরণ করা যেতে পারে, যেখান থেকে একাধিক বিরলমৃত্তিকা মৌলের নাম করা হয়েছিল) রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে 97 নম্বর মৌলটির ধর্মের সাদৃশ্য ছিল। বর্তমানে জানা বার্কেলিয়ামের নটি সমস্থানিকের মধ্যে বার্কেলিয়াম-247-এর জীবনটি সবচেয়ে দীর্ঘ

(অর্ধজীবন 1380 বছর) এবং এটি 1956 সালে সংশ্লেষিত হয়। দু'বছর পরে ওজন পরিমাণে বার্কেলিয়াম প্রস্তুত করা হয় এবং 1970 সালে ধাতব বার্কেলিয়াম প্রস্তুত করা হয়। 8 গ্রাম প্লুটোনিয়াম-239 কে পারমাণবিক চুল্লীতে (রিএ্যাক্টরে) 5 বছর ধরে নিউট্রন বর্ষণ করলে মাত্র কয়েক মাইক্রোগ্রাম বার্কেলিয়াম পাওয়া যায়; এই ঘটনাটি নাটকীয়ভাবে দেখায় যে বার্কেলিয়াম প্রস্তুতির সঙ্গে কত সমস্যা জড়িত ছিল। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ক্ষেত্রে আরো গবেষণায় গবেষকদের নতুন মৌলটি কম পরিমাণে নিয়ে কাজ করতে হয়।

ক্যালিফোর্নিয়াম

বার্কেলিয়ামের পর খুব তাড়াতাড়ি 98 নম্বর মৌলটি সিবর্গ এবং তাঁর সহযোগীরা সংশ্লেষিত করেন। 1950 সালের জানুয়ারী ফ্রেব্রুয়ারীতে, তাঁরা $^{242}Cm\,(\alpha,\ n)\,^{245}98$ — এই পারমাণবিক বিক্রিয়াটি সমাধান করেন এবং ক্যালিফোর্নিয়া রাজ্য ও ক্যালিফোর্নিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের সম্মানার্থে নতুন মৌলটির নাম রাখেন ক্যালিফোর্নিয়াম। বিরলমৃত্তিকা মৌল ডায়াসপ্রোসিয়ামের (নাগাল পাওয়া শক্ত) অনুরূপ ছিল 98নম্বর মৌলটি এবং বিরলমৃত্তিকা মৌলের মিশ্রণ থেকে ডায়াসপ্রোসিয়ামকে নিষ্কাশন করার মতই শক্ত ছিল গত শতাব্দীতে ক্যালিফোর্নিয়ামকে পাওয়া। বর্তমানে ক্যালিফোর্নিয়ামের চোদ্দটি সমস্থানিকের কথা জানা আছে। ক্যালিফোর্নিয়াম-251 সমস্থানিকটির জীবন সবচেয়ে দীর্ঘ (অর্ধজীবন 900 বছর) এবং এটি 1954 সালে সংশ্লেষিত হয়। 1958 সালে ওজন পরিমাণে ক্যালিফোর্নিয়াম পাওয়া যায় এবং 1971 সালে ধাতব ক্যালিফোর্নিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

আইনস্টাইনিয়াম এবং ফার্মিয়াম

ক্যালিফোর্নিয়াম সংশ্লেষণের পর আমেরিকা (এবং অন্যান্য দেশের) বিজ্ঞানীরা তাঁদের পরিকল্পনা সম্বন্ধে গভীরভাবে পুনর্মূল্যায়ন করার চেষ্টা করেন। অদূর ভবিষ্যতে গুরুভার বিশিষ্ট ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের সংশ্লেষণ করা সঙ্গত কিনা সে বিষয় তাঁরা প্রশ্ন করেছিলেন।

বাস্তবিক, আলফা কণা বর্ষণের দ্বারা 99 ও 100 নম্বর মৌলদের সংশ্লেষণে লক্ষ্যবস্তু প্রস্তুতির জন্যে যথেষ্ট পরিমাণে বার্কেলিয়াম ও ক্যালিফোর্নিয়ামকে সঞ্চিত করার কোন কার্যকর পদ্ধতি ছিল না। বার্কেলিয়াম

এবং ক্যালিফোর্নিয়ামের অর্ধজীবন ছোট হওয়াই এর কারণ, (দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকগুলি সেই সময় অজানা ছিল) এবং এগুলির অর্ধজীবন ঘণ্টা, মিনিটে পরিমাপ করা হতো। মোটামুটি একটাই কার্যকর পদ্ধতি ছিল, যেমন প্লুটোনিয়ামকে সুতীব্র রশ্মি বর্ষণে করা যেতে পারে, কিন্তু, তাহলে বহু বছর পর ফলাফলটি পাওয়া যাবে।

অবশ্য, আকাঙ্ক্ষিত এই রকম সুতীব্র নিউট্রন রশ্মি পাওয়া গেলে, সমস্ত সমস্যার তৎক্ষণাৎ সমাধান হয়ে যাবে। কম সময়ের মধ্যে বহু সংখ্যক নিউট্রনকে ইউরেনিয়াম বা প্লুটোনিয়াম আত্তীকরণ করতে পারলে এগুলি অতিগুরুভার সমস্থানিকে পরিণত হতে পারে, যেমন:

$$^{238}_{92}U + 15n \longrightarrow {}^{253}_{92}U$$

বা

$$^{238}_{92}U + 17n \longrightarrow {}^{255}_{92}U$$

এটা অনেক দিন ধরে জানা যে, অতিরিক্ত নিউট্রন থেকে পরিত্রাণ পেতে কেন্দ্রীণ, বেটা ভাঙ্গনের দ্বারা এগুলিকে প্রোটনে পরিবর্তন করে। ক্রমাগত বেটা রূপান্তরের এই শৃঙ্খলগুলি এত দীর্ঘ হয় যে, এগুলি 99 এবং 100 নম্বর মৌলের সমস্থানিক প্রস্তুতির দিকে নিয়ে যায়।

কিন্তু গণনানুসারে, পারমাণবিক চুল্লীতে নিউট্রন রশ্মির প্রবাহের তীব্রতা এই ধরনের বিক্রিয়াগুলিকে সচল রাখার পক্ষে খুবই কম। তাছাড়া, 99 এবং 100 নম্বর মৌলের সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবন কম বলে তাত্ত্বিকগণ ভবিষ্যদ্বাণী করেন।

1 নভেম্বর, 1952, মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র প্রশান্ত মহাসাগরে এনিউয়েটক (Eniwetok) প্রবালদ্বীপে একটি তাপ-পরমাণু বোমা বিস্ফোরণ করে। সব রকম সতর্কতার সঙ্গে বিস্ফোরণ ক্ষেত্র থেকে কয়েক'শো কিলোগ্রাম মাটি সংগ্রহ করে আমেরিকায় নিয়ে আসা হয়। সিবর্গ এবং গিয়োর্সো (Giorso)-এর নেতৃত্বে একদল বিজ্ঞানী বিশেষ সতর্কতার সঙ্গে এই তেজস্ক্রিয় আবর্জনা পরীক্ষা করেন। বিশেষ দুটি সমস্থানিক সমেত ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের একাধিক তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক এতে পাওয়া গিয়েছিল। ঐ সমস্থানিক দুটি 99 অথবা 100 নম্বর মৌলের সমস্থানিক ছাড়া আর কিছুই হতে পারে না।

তাপ-পরমাণু বিস্ফোরণে নিউট্রন প্রবাহের তীব্রতা যা মনে করা হয়েছিল, তার থেকে অনেক বেশী ছিল। এর ফলেই ইউরেনিয়াম কর্তৃক নিউট্রন

আত্তীকরণ সম্ভব হয়েছিল, যা আগে আলোচিত হয়েছে। ইউরেনিয়াম-253 এবং ইউরেনিয়াম-255 যথাক্রমে 7 এবং 8 টি নিউট্রন নিঃসারিত ক'রে 99 এবং 100 নম্বর মৌলের $^{253}99$ ও $^{255}100$ সমস্থানিকে পরিবর্তিত হয়। এগুলির অর্ধজীবন কম ছিল বলে প্রতিপন্ন হয়েছিল, কিন্তু বিশ্লেষণের পক্ষে তা যথেষ্ট ছিল (20 দিন এবং 22 ঘণ্টা)।

নতুন মৌল দুটির নাম রাখা হয় আইনস্টাইনিয়াম (আইনস্টাইনের নামানুসারে) এবং ফার্মিয়াম (ফার্মির নামানুসারে)। এ দুটির সবচেয়ে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক ^{254}Es (অর্ধজীবন 270 দিন) এবং ^{252}Fm (অর্ধজীবন 80 দিন) অনেকদিন পর পরীক্ষাগারের পরিবেশে সংশ্লেষিত করা হয়।

অতএব আইনস্টাইনিয়াম এবং ফার্মিয়ামের আবিষ্কারগুলি, বলতে গেলে, পরিকল্পনা মাফিক হয় নি।

"এর পর?" এই চিরকালের প্রশ্নের উত্তর দেওয়া এখন অনেক বেশী কঠিন বলে মনে হয়। এটা এখন পরিস্কার যে, পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক (Z) যত বাড়বে সমস্থানিকটির অর্ধজীবনটি তত ছোট হবে। এটা মনে করা হতো যে 100 র চেয়ে বেশী পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলের অর্ধজীবন সেকেণ্ডে পরিমাপ করতে হবে। এই সমস্থানিকগুলি বিশ্লেষণের জন্যে যথেষ্ট পরিমাণে সঞ্চিত হওয়াটা ছিল কল্পনার বাইরে। সেই সময় পর্যন্ত, আয়ন বিনিময় ক্রোমাটোগ্রাফীর সাহায্যে ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌলগুলিকে সনাক্ত করা হতো। এই পদ্ধতিতে ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌলদের স্ব-স্ব বিরলমৃত্তিকা মৌলের সঙ্গে সাদৃশ্যটা প্রতিপন্ন করা হতো। কিন্তু ক্রোমাটোগ্রাফী কলাম থেকে বার হয়ে আসার আগেই ক্ষণস্থায়ী সমস্থানিকগুলি ভেঙ্গে যাবে, অতএব রাসায়নিক চিত্রের বিকৃতি ঘটবে।

দ্বিতীয় শত মৌলের পথের মাঝে প্রকৃতি অলঙ্ঘনীয় প্রাচীর তুলে দিয়েছে বলে মনে হয়েছিল।

মেণ্ডেলিভিয়াম

100 নম্বর মৌলটি সংশ্লেষণ করায় বিজ্ঞানীগণ অনেক দূর উন্নতি করেছিলেন। এই মৌলটির নামকরণ করায় অবশেষে এনরিকো ফার্মিকে সম্মান জানানো হয়েছিল, ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের জন্যে যিনি প্রথম অভিযান চালান।

কিন্তু ফার্মিয়ামের পর, ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল নিয়ে কার্যরত গবেষকদের প্রধান শত্রু দ্বারা নিদারুণ সমস্যার সীমারেখাটি যে কেউ পরিষ্কারভাবে দেখতে পেতো, যেটি ছিল স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজন। গণনানুসারে, তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের ক্রিয়াবিধি অনুযায়ী, Z=100 বিশিষ্ট সমস্থানিকগুলির অর্ধজীবন অত্যন্ত কম হওয়া উচিত। সুতীব্র নিউট্রন প্রবাহের দ্বারা আইনস্টাইনিয়াম এবং ফার্মিয়ামের সফল সংশ্লেষণের জন্যে প্রথম দিকে গবেষকগণ উৎসাহিত হয়েছিলেন। কিন্তু তাত্ত্বিকগণ দাবী করেছিলেন যে, ফার্মিয়ামের পর আর অগ্রসর হওয়া অসম্ভব, কারণ স্বতঃস্ফূর্ত বিভাজনের তুলনায় এটির অর্ধজীবন অত্যন্ত কম হবে। 100 নম্বর মৌলের একটি কেন্দ্রীণ থেকে একটি বেটা কণা নিঃসারিত হওয়ার আগেই এটি দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে।

কিন্তু, তবুও 101 নম্বর মৌলটি শেষ মৌল হিসেবে প্রতিপন্ন হয়, যেটিকে আলফা কণা বর্ষণের ন্যায় চিরাচরিত পদ্ধতি দ্বারা সংশ্লেষিত করা যায়। 1955 সালের মধ্যে, সিবর্গ এবং তাঁর সহযোগীগণ আইনস্টাইনিয়ামের এক বিলিয়ন পরমাণু সঞ্চিত করেছিলেন। এই অতি নগণ্য পরিমাণ আইনস্টাইনিয়ামকে সতর্কতার সঙ্গে সোনার পাতের ওপর প্রয়োগ করা হয়েছিল। আইনস্টাইনিয়ামের তুলনায় সোনার পাতের দাম অকল্পনীয় কম ছিল। লক্ষ্যবস্তুটিতে আলফা কণা বর্ষণ করা হয়েছিল। বিজ্ঞানীগণ মনে করেছিলেন যে $^{253}_{99}Es\,(\alpha,\ n)\,^{256}101$: এই পারমাণবিক বিক্রিয়াটি সংঘটিত হতে থাকবে। প্রক্ষিপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়ার ফলে, 101 নম্বর মৌলটি সোনার পাতটিকে ভেদ করে ঢুকে ছিল। বর্ষণ করার পর পাতটিকে দ্রবীভূত করা হয় এবং ক্রোমাটোগ্রাফী কলামে দ্রবণটি বিশ্লেষণ করা হয়। কখন 101 নম্বর মৌলটি কলামটি পরিত্যাগ করেছিল এবং কখন স্বতঃবিভাজন ঘটনাটি ঘটেছিল — এগুলি প্রতিপন্ন করাই ছিল জটিল ব্যাপার।

প্রথম পরীক্ষায় মাত্র 5টি (!) স্বতঃবিভাজন ঘটনা লিপিবদ্ধ করা গিয়েছিল। 101 নম্বর মৌলের একটি সমস্থানিককে সনাক্ত করতে এইটাই যথেষ্ট ছিল। এটির অর্ধজীবনটি তিন ঘণ্টা এবং ভর-সংখ্যা 256 ছিল বলে দেখা যায়। মহান রুশ রসায়নবিদ ডি. মেন্ডেলেয়েভের সম্মানার্থে এই মৌলটির নাম রাখা হয় মেণ্ডিলিভিয়াম, অজ্ঞাত রাসায়নিক মৌলের ধর্মগুলিকে ভবিষ্যদ্বাণী করতে তিনি প্রথম পর্যায় সারণী ব্যবহার করেন। মেণ্ডিলিভিয়ামের আবিষ্কারকরা এমন কথাই বলেছিলেন।

পরে, যখন পর্যায় সারণীর 101 নম্বর ঘরে Md সংকেতটি চির কালের

জন্যে বসে যায়, তখন তাঁরা তাঁদের আবিষ্কারটি সুন্দর করে এবং বিশদভাবে বর্ণনা করেন। তাঁরা বলেছিলেন যে দলটির মধ্যে একটি নিরাশার ভাব বিরাজ করছিল। 101 নম্বর মৌলটি সংশ্লেষ এবং সনাক্ত করার চেষ্টায় সতর্কতার সঙ্গে একাধিক পরীক্ষা করা হয়, কিন্তু কোনটিই সফল হয় নি। অবশেষে চূড়ান্ত পরীক্ষাটি করা হয় এবং সাফল্য আশা করা হয়েছিল। ছলনাকারী এবং অবাধ্য এই 101 নম্বর মৌলটির একটি বা দুটি পরমাণুকে বড়জোর, তাঁরা সনাক্ত করার আশা করেছিলেন। স্বতঃবিভাজন লিপিবদ্ধকারী যন্ত্রটির দিকে বিজ্ঞানীগণ রুদ্ধশ্বাসে লক্ষ্য করতে লাগলেন। এক ঘণ্টা চলে গেল, রাত্রি প্রায় শেষ হতে লাগলো; অনন্তকাল অপেক্ষা করতে হবে মনে হয়েছিল।

অকস্মাৎ, স্বয়ংক্রিয় লিপিবদ্ধকারী যন্ত্রের কলমটি লাফিয়ে উঠে ফিরে আসে এবং পথটিতে একটি লাল রেখা টেনে দেয়। তেজস্ক্রিয় পদার্থের গবেষণায় এমন উত্তেজনার প্রচণ্ড প্রকাশ এর আগে আর কোনদিন লক্ষ্য করা যায় নি। সম্ভবত, অভীষ্ট বিভাজনের এই ছিল ইঙ্গিত। এক ঘণ্টা পরে আর একটি ইঙ্গিত লিপিবদ্ধ হয়। গবেষকগণ এখন নিশ্চিত হন যে 101 নম্বর মৌলের দুটি পরমাণু ভেঙ্গে গিয়েছিল এবং রাসায়নিক মৌলের তালিকায় সংযোজন করা যেতে পারে।

মজার ব্যাপার হলো, বিভাজনের সংবাদ লিপিবদ্ধকারী যন্ত্রের সঙ্গে অগ্নিকাণ্ডের সংবাদ জ্ঞাপক যন্ত্রটি যুক্ত করা ছিল এবং 101 নম্বর মৌলটি, প্রতিবারই কানফাটানো আওয়াজে তার জন্মটি ঘোষণা করে।

2 মাস অর্ধজীবন বিশিষ্ট মেণ্ডেলেভিয়ামের (মেণ্ডেলেভিয়াম-258) সমস্থানিকটি বারো বছর পর আবিষ্কৃত হয়। মেণ্ডেলেভিয়ামের রাসায়নিক ধর্মের ব্যাপক গবেষণাটি এটির অস্তিত্বের ফলে সম্ভব হয়েছিল। মেণ্ডেলেভিয়ামের আবিষ্কারের ফলে তেজস্ক্রিয় রাসায়নিক গবেষণার বৈশিষ্ট্যপূর্ণ নিজস্ব প্রকৌশলগুলির ক্ষেত্রে নতুন প্রাণের সঞ্চার হয়েছিল, যেমন একক পরমাণুর রসায়ন। ধারাবাহিক ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলির রাসায়নিক গবেষণার ক্ষেত্রে এটি উল্লেখযোগ্য ভূমিকা নিয়েছিল। মেণ্ডেলেভিয়ামের সংশ্লেষটি ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসে জলবিভাজিকার ন্যায় ছিল। সংশ্লেষণের আগেকার সকল পদ্ধতিগুলি কোন ভাবেই প্রযোজ্য ছিল না কারণ লক্ষ্যবস্তু হওয়ার জন্যে যথেষ্ট পরিমাণে মেণ্ডেলেভিয়াম সঞ্চিত হতে পারে না। তাত্ত্বিকরা দেখেছিলেন যে 101 নম্বর মৌলের পেছনের রাজ্যটি ভূতপ্রেত অধ্যুষিত ছিল এবং ঐ স্থানটি অভিযাত্রীদের অগম্য ছিল; এটা স্পষ্ট ছিল যে, এর পরবর্তী



জি. সিবর্গ

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলির অস্তিত্ব সেকেন্ড বা সেকেন্ডের ভগ্নাংশে হয়। এমনকি এগুলি পাওয়া গেলেও, এগুলির ধর্মের গবেষণাটি অত্যন্ত কঠিন বা প্রায় অসম্ভব কাজ বলে মনে হয়।

কিন্তু কেমন করে এগুলি পাওয়া যাবে? কী ধরনের পারমাণবিক বিক্রিয়া এগুলির জন্যে উপযুক্ত? সৌভাগ্যক্রমে, পাঁচের দশকের শেষের দিকে এই প্রশ্নের সঠিক উত্তর পাওয়া গিয়েছিল, হাল্কা মৌলের (কার্বন, অক্সিজেন, নিয়ন, আর্গন) বহু আধান বিশিষ্ট আয়নগুলিকে বর্ষণকারী কণা হিসেবে ব্যবহার করা হয়েছিল। চিরাচরিত ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি, যেমন প্লুটোনিয়াম, আমেরিসিয়াম এবং কুরিয়াম থেকে এর পর লক্ষ্যবস্তু প্রস্তুত করা যেতে পারে। অবশ্য, বর্ষণ করার জন্যে "নিরাবরণ" কেন্দ্রীণই অনেক ভালো (যেমন আলফা কণা, যেটি হিলিয়াম কেন্দ্রীণ), কিন্তু পরমাণুগুলিকে সম্পূর্ণরূপ "আবরণমুক্ত করা প্রায় অসম্ভব ছিল। পারমাণবিক বিক্রিয়ায় অংশ নেবার জন্যে একাধিক আধান বিশিষ্ট আয়নগুলিতে যথেষ্ট মাত্রায় ত্বরণ সৃষ্টি করতেই হয়। অতএব, শক্তিশালী নতুন ত্বরণ যন্ত্রের প্রয়োজন ছিল। এইগুলি নির্মিত হলে ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ইতিহাসে নতুন সফল সময়ের সূচনা হয়েছিল। আমরা যখন এ ক্ষেত্রে আবিষ্কার সম্বন্ধে কথা বলি তখন এর মানেটি পূর্বের আলোচনা থেকে একটু আলাদাই হয়।

হ্যাঁ, 102 নম্বর মৌলের সঙ্গে এখনও কোন নাম সংযোজিত হয় নি। বেশীভাগ দেশের সারণীতে 102 নম্বর ঘরটি ফাঁকা আছে, যদিও ব্যাপক গবেষিত এবং অনেক দিন থেকে জানা বলে মৌলটিকে মনে করা হয়।

মুদ্রিত রচনায় নোবেলিয়াম নামটি এবং No সংকেতটি কখনও কখনও কেউ দেখে থাকতে পারেন, কিন্তু 1957 সালে অনুষ্ঠিত একটি গবেষণার ভুলের ফল ছাড়া তা আর কিছুই নয়। স্টকহলমে অবস্থিত নোবেল ইনস্টিটিউট অব ফিজিক্স (Nobel Institute of Physics in Stockholm)-এর বিজ্ঞানীদের আন্তর্জাতিক একটি দল প্রথম বার ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌল সংশ্লেষণে বহু আধান বিশিষ্ট আয়ন ব্যবহার করেন। কুরিয়াম-288 লক্ষ্য বস্তুটিকে কার্বন-13 আয়ন দিয়ে বর্ষণ করা হয়। উৎপন্ন বস্তুতে 10 মিনিট অর্ধজীবন বিশিষ্ট $^{253}102$ এবং $^{251}102$ সমস্থানিক উপস্থিত ছিল, এ বিষয় অবশ্য অভিযোগ ছিল। মেণ্ডেলেভিয়াম প্রস্তুতিতে সাফল্য, দলটিকে আয়ন বিনিময় ক্রোমাটোগ্রাফী ব্যবহারে প্ররোচিত করেছিল এবং এর থেকে প্রাপ্ত ফলাফল আপাত-দৃষ্টে 102 নম্বর মৌলটির অস্তিত্বও প্রমাণিত করে।

দাবীটি ভ্রান্ত বলে প্রতিপন্ন হয় এবং গবেষণাটি প্রমাণ করা যায় নি। সেই সময়ের একটি চালু রসিকতা ছিল যে, নোবেলিয়ামের (nobelium) শুধু "নো" (No) পড়ে আছে।

1957 সালের শরৎকালে জি. ফ্লেরভ (G. Flerov)-এর নেতৃত্বে একদল রুশ বিজ্ঞানী ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে প্রবেশ করেন। বর্তমানে এই ক্ষেত্রে দি ল্যাবরেটরী অব নিউক্লীয়ার রিঅ্যাকশন্স অব দি জয়েন্ট ইনস্টিটিউট ফর নিউক্লীয়ার রিসার্চ (দুবনা, ইউ. এস. এস. আর) (the Laboratory of nuclear reaction of the Joint Iustitute for Nuclear Research. Dubna, USSR) সংস্থাটি একটি মুখ্য স্থান অধিকার করেছে। ফ্লেরভ এবং তাঁর দলটি প্লুটোনিয়াম লক্ষ্যবস্তুটিকে অক্সিজেন আয়ন দিয়ে বর্ষণ করেন: $^{244}_{94}Pu + ^{16}_{8}O$ । একবছর আগে স্টকহলম দলটির বিবরণের সঙ্গে এই ফলাফলের কোন সঙ্গতি ছিল না। সিবর্গের ছাত্র এ. গিয়োর্সোর নেতৃত্বে বার্কেলের একদল বিজ্ঞানী ইতিমধ্যে 102 নম্বর মৌলটিরও গবেষণা শুরু করেন। এদের ফলাফলও স্টকহলমের ফলাফলকে বাতিল করে, কিন্তু দুব্নার ফলাফলের সঙ্গে অভিন্ন হয়নি।

এইভাবে নোবেলিয়াম ক্রমশ "নো" তে পরিণত হয়। এই মৌলটির

আবিষ্কারের দিনটি সঠিকভাবে নির্দিষ্ট করা যায় না। 1963-66 সালের মধ্যে ফ্লেরভের দলটি 102 নম্বর মৌল নিয়ে কাজ করেন। এটির একাধিক সমস্থানিক তাঁরা সংশ্লেষণ করেন, সমস্থানিকগুলির ভর-সংখ্যা এবং অর্ধজীবন তাঁরা নির্ণয় করেন। নতুন মৌলের এইটাই ছিল প্রথম প্রকৃত মূল্যায়ন এবং এটির নাম প্রস্তাব করা সঠিক অধিকার দুব্না দলের ছিল: এফ. জোলিও কুরির সম্মানার্থে মৌলটির নাম রাখা হয় জোলিয়োশিয়াম। আমেরিকান বিজ্ঞানীগণ এই নামটির সঙ্গে একমত হন নি, যদিও তাঁরা দুবনার ফলাফলটি সমর্থন করেন।

102 নম্বর মৌলের যুক্তিগুলির অগ্রাধিকারের প্রশ্নে বিতর্ক শুরু হয়ে গিয়েছিল, পরবর্তী ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের ক্ষেত্রে যেটি আরো তুমুল হয়ে উঠেছিল। বর্তমানে 102 নম্বর মৌলের নটি সমস্থানিক জানা আছে, সবচেয়ে দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিকের $^{259}102$ অর্ধজীবনটি প্রায় একঘণ্টা।

103 নম্বর মৌল

আগের মৌলটির মতই এখানেও আমরা মৌলটির নাম দিতে পারছি না। উপসংহার অধ্যায়ে দেওয়া মৌলগুলির আবিষ্কারের তালিকায় এই মৌলটির আবিষ্কারের দিনটি প্রকৃতপক্ষে বিশ্বাসযোগ্য নয়।

1961 খ্রিস্টাব্দের গোড়ার দিকে গিয়োর্সো এবং তাঁর দলটি ইউরেনিয়ামোত্তর নতুন মৌল খুঁজতে আরম্ভ করেন। ক্যালফোর্নিয়ামের এক লক্ষ্যবস্তুকে বোরন আয়ন দিয়ে বর্ষণ করা হয়। আপাত-দৃষ্টে, 8 সেকেন্ড অর্ধজীবন বিশিষ্ট $^{257}103$ সমস্থানিকটি তাঁরা প্রস্তুত করেছিলেন। সাইক্লোট্রন যন্ত্রের স্রষ্টা ই. লরেন্স এর সম্মানার্থে মৌলটির নাম লরেন্সিয়াম (Lw) রাখতে কেউ বিন্দুমাত্র দ্বিধা করেননি। পর্যায় সারণীর 103 নম্বর ঘরে এই সংকেতটি প্রায় দেখা যায়।

ঐ একই সমস্থানিকটি $^{257}103$, দুব্না ইনস্টিটিউটে সংশ্লেষিত হয়েছিল এবং এটির ধর্মগুলি বার্কলে দলের বিবরণটির থেকে সম্পূর্ণ আলাদা ছিল। তাই, তাঁদের দৃষ্টিভঙ্গী পাল্টাতেই হয়েছিল এবং ধরে নিতে হয়েছিল যে 1961 খ্রিস্টাব্দের বসন্তে তাঁরা $^{257}103$ এই সমস্থানিক প্রস্তুত করেন নি, বরং বলা যেতে পারে যে, 103^{258} বা $^{259}103$ সমস্থানিকটি প্রস্তুত করেছিলেন।

1965 সালে এই অবস্থাটি পরিষ্কার হয়েছিল, যখন দুবনার দলটি $^{243}Am(^{18}O, 5n)^{256}103$ — এই পারমাণবিক বিক্রিয়াটি সংঘটিত

করে 256 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট সমস্থানিকটি প্রস্তুত করেছিলেন এবং বিভিন্ন স্থিতিমাপগুলি নির্ধারণ করেন। তিন বছর পর বার্কলের বিজ্ঞানীগণের $^{249}Cf\ (^{11}B,\ 4n)\ ^{256}103$ — এই পারমাণবিক বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত পদার্থের বিবরণের সঙ্গে ঐ স্থিতিমাপগুলি মিলে গিয়েছিল। এই কারণে 1961 খ্রিস্টাব্দটি আবিষ্কারের দিন হিসেবে সন্দেহ করা হয়েছিল। কিন্তু সঠিক সিদ্ধান্তে আসা যায়নি যে, কে, কখন 103 নম্বর মৌলটি আবিষ্কার করেন। 102 নম্বর মৌলটির ন্যায়, 103 নম্বর মৌলের মাত্র কয়েকটি পরমাণু নিয়ে গবেষকদের কাজ করতে হয়েছিল। প্রথমে, তারা সমস্থানিকটির ভর-সংখ্যা এবং তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম নির্ণয় করেন এবং কেবলমাত্র এর পর, এগুলির রাসায়নিক প্রকৃতির মূল্যায়নের জন্যে পদ্ধতি নির্ধারণ করেন।

কুর্চাটোভিয়াম

এই মৌলের আবিষ্কারটি পারমাণবিক সংশ্লেষণের ওপর গবেষণারত সোভিয়েত বিজ্ঞানীদের সবচেয়ে মহান অবদান। তাই. কুর্চাটোভ (I. Kurchatov)-এর সম্মানার্থে মৌলটির নাম রাখা হয় (সোভিয়েত ইউনিয়নের পারমাণবিক কর্মসূচীর নেতা ছিলেন কুর্চাটোভ)।

1957 খ্রিস্টাব্দে দুবনা লেবরেটরী অব নিউক্লীয়ার রিএকশান্স (Dubna Laboratory of nuclear reactions)-এর বিজ্ঞানীগণ 104 নম্বর মৌলটি সংশ্লেষিত করার চেষ্টা করেন। প্লুটোনিয়াম-242 লক্ষ্যবস্তুটিতে তাঁরা ত্বরণযুক্ত নিয়ন-22-এর আয়ন বর্ষণ করেন:

$$^{244}Pu\ (^{22}Ne,\ 4n)\ ^{260}104$$

এটা হলো ভবিষ্যদ্বাণী করা পারমাণবিক বিক্রিয়া। কিন্তু বিজ্ঞানীগণ কেবলমাত্র স্বতঃবিভাজনটি লক্ষ্য করেছিলেন, যে সমস্থানিকটির অর্ধজীবনটি ছিল অত্যন্ত ছোট — মাত্র 14 মিলিসেকেন্ড। শীঘ্র এটা বোঝা গিয়েছিল, যে, 104 নম্বর মৌলটি কোনভাবেই এর সঙ্গে জড়িত ছিল না। বিশেষ পরিচিত আমেরিসিয়াম-22-এর বিভাজনের জন্যে এই সক্রিয়তা দায়ী ছিল, যদিও এর হারটি অস্বাভাবিক রকমের বেশী ছিল এবং এর ফলে নতুন এক ভৌত পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয়।

কুর্চাটোভিয়ামের কেন্দ্রীণ সৃষ্টির ঘটনাটি সনাক্ত করাটাই ছিল গবেষণার প্রধান সমস্যা। এটা করার জন্যে ঠিক হয় স্বতঃবিভাজনে প্রাপ্ত

অংশগুলিকে সনাক্ত করতে হবে কারণ, এই ধরনের তেজস্ক্রিয় রূপান্তরের, 104 নম্বর মৌলের প্রাধান্য থাকতেই হবে। বিভাজিত বস্তুগুলিকে সনাক্ত করার জন্যে এক বিশেষ ধরনের গ্লাস (বিস্ময়ের ব্যাপার যে, এটি ইউরেনিয়াম-104 নামে পরিচিত) ব্যবহার করা হয়। এটিতে বিভাজিত অংশগুলি লক্ষ্যণীয় চিহ্ন (গর্ত) বড় একটা রেখে যেতে পারে না। কাঁচের পাতগুলিতে রাসায়নিক পদার্থ যোগ করার পরে অনুবীক্ষণযন্ত্রের সাহায্যে গর্তগুলি দেখা যায়। এই অবস্থায় অন্যান্য তেজস্ক্রিয় বিকিরণের চিহ্ন লক্ষ্য করা যায় না।

104 নম্বর মৌলের সংশ্লেষণের কাজটি 1964 সালে পুনরায় আরম্ভ করা হয়। চল্লিশ ঘণ্টা ধরে প্লুটোনিয়াম লক্ষ্যবস্তুটিতে নিয়ন আয়ন দিয়ে বর্ষণ করা হয়। এক বিশেষ বেল্ট সংশ্লেষিত কেন্দ্রীণগুলিকে গ্লাস-পাতে বহে নিয়ে যায়। বর্ষণ বন্ধ করার পর গ্লাস-পাতটিতে রসায়নিক পদার্থ যোগ করা হয়। কয়েক ঘণ্টা পর অনুবীক্ষণ যন্ত্রে পরীক্ষায় ছ'টা চিহ্ন লক্ষ্য করা যায় এবং পাতে এগুলির অবস্থান থেকে অর্ধজীবনটি গণনা করা যায়। 0.1 থেকে 0.5 সেকেণ্ডের মধ্যে অর্ধজীবনটি ওঠানামা করে। তার অর্থ তা গড়ে 0.3 সেকেণ্ড ছিল। মাত্র কয়েক বছর দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট কুর্চাটোভিয়ামের সমস্থানিকগুলি প্রস্তুত করা হয় (যদিও, "দীর্ঘ" শব্দটি এখানে বড় একটা উপযুক্ত নয়); $^{261}104$ সমস্থানিকটি এগুলির মধ্যে সত্যিকারের "কুলপতি" ছিল (অর্ধজীবনটি এক মিনিট)।

260 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট এবং 0.3 সেকেণ্ড অর্ধজীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক নিয়ে দুবনাতে কুর্চাটোভিয়ামের রাসায়নিক বিশ্লেষণ করা হয়। নতুন মৌলটির রাসায়নিক স্বরূপের যে কোন তথ্য এত কম সময়ের মধ্যে পাওয়া প্রায় অসম্ভব বলে মনে হয়। কিন্তু এটা করা হয়েছিল।

104 নম্বর মৌলের রাসায়নিক বিশ্লেষণে নিম্নলিখিত পদ্ধতিটি কাজে লাগানো হয়েছিল। লক্ষ্যবস্তু থেকে প্রক্ষিপ্ত হওয়া পরমাণুগুলি নাইট্রোজেন প্রবাহের মধ্যে এসে পড়ে এবং এখানে এগুলির গতি মন্দীভূত হয় এবং পরে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। কুর্চাটোভিয়ামের সঙ্গে ক্লোরিনের যৌগগুলি সহজে বিশেষ ভাবে পরিস্রাবণ করে পৃথক করা যেতে পারে, যেখানে অ্যাক্টিনিয়ামের ক্লোরাইডগুলি পরিস্রুত হয়ে চলে যেতে পারে না। যদি কুর্চাটোভিয়াম অ্যাক্টিনাইড হতো, তাহলে পরিস্রাবণকালে এটি শোষিত হয়ে যেতো। কিন্তু ফলাফল অনুসারে 104 নম্বর মৌলটির রাসায়নিক দিক থেকে হ্যাফনিয়ামের সঙ্গে সাদৃশ্য ছিল।

স্বতন্ত্র পরমাণুগুলির রাসায়নিক ধর্ম গবেষণার এটাই ছিল মূল। 102 এবং 103 নম্বর মৌলগুলিকে বিশ্লেষণ করতে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়েছিল; কিন্তু এগুলির অ্যাক্টিনিয়াম ছিল বলে এই সব ক্ষেত্রে দেখানো হয়। সাইক্লোট্রন যন্ত্রে উদ্বায়ী ধাতব ক্লোরাইডের সম্মুখের তাপক্রোমাটোগ্রাফী (frontal thermochromatography) নামে পদ্ধতিটি পরিচিত। ফ্লেরভের সহযোগী এবং চেকোস্লাভাকিয়ান বিজ্ঞানী আই. জ্ভারা (I. Zvara) র নেতৃত্বে একটি দল এটি উদ্ভাবন করেন।

104 নম্বর মৌলটিও একটি বিতর্কিত বিষয় ছিল। আমেরিকান পদার্থবিদরাও এটির আবিষ্কারের দাবী করেন, যদিও তাঁদের পায়ের তলার মাটি তেমন শক্ত ছিল না।

নিলস্‌বোরিয়াম

তুলনামূলকভাবে 105 নম্বর মৌল সম্বন্ধে এখন খুব কমই বলা যেতে পারে। এটি দুবনায় জন্ম গ্রহণ করে, ফেব্রুয়ারী, 1970 এটির জন্মতারিখ। ^{243}Am (^{22}Ne, 4n) ^{261}Ns — এই বিক্রিয়া দ্বারা এটি সৃষ্টি করা হয়। স্বতঃবিভাজনের ক্ষেত্রে এটির অর্ধজীবনটি প্রায় 2 সেকেন্ড। বিখ্যাত ড্যানিশ পদার্থবিদ নিলস বোর (Nils Bohr)-এর নামানুসারে এটির নাম রাখা হয়। কুর্চাটোভিয়ামের ওপর ব্যবহৃত পদ্ধতির অনুরূপ পদ্ধতির সাহায্যে এটির রাসায়নিক প্রকৃতিটি নির্ধারণ করা হয়েছিল এবং তা টাইটেনিয়ামের সদৃশ মৌল বলে প্রমাণিত হয়।

আমেরিকান পদার্থবিদদের দাবীগুলি কি ছিল? সময়টি ছিল 1970-এর এপ্রিল, ^{249}Cf(^{15}N, 4n) ^{266}Ha — এই পারমাণবিক বিক্রিয়াটি তাঁরা সম্পন্ন করেছিলেন এবং উৎপন্ন মৌলটির নাম হ্যানিয়াম রাখার প্রস্তাব করেন (বিভাজনের আবিষ্কারক ও. হান-এর সম্মানার্থে)।

খুব সম্ভবত, $Z > 102$ বিশিষ্ট ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি সংশ্লেষণ সম্বন্ধে বিতর্কগুলি সম্পূর্ণ বোঝা যায়। এমন প্রত্যেকটি সংশ্লেষ বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির বীরত্বপূর্ণ কাজ ছিল। এই ধরনের জটিল কাজে ভুলভ্রান্তির হাত থেকে রেহাই পাওয়া যায় না। এটা অনেক দিনের স্বীকৃত দৃষ্টিভঙ্গী যে, নতুন মৌলের সংশ্লেষণের জন্যে যথাযথ নির্ভরযোগ্য বৈশিষ্ট্যগুলি যাচাই করে নেওয়া উচিত। মৌলগুলির সংখ্যা দ্বিতীয় শতকে আছে — এমন সংশ্লেষিত মৌলের ব্যাপারে আবিষ্কারের এই ধারণাটি নতুন এক মৌলিক অর্থ অর্জন করেছে, এটি আপাতদৃষ্টিতে তাই, কারণ এই সমস্ত

মৌলগুলির জীবনকাল অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী। যদিও এগুলির সংকেত পর্যায় সারণীতে দেখা যায়, তবুও বলতে গেলে এগুলির পদার্থ-অস্তিত্ব নেই। এগুলি কখনও ওজন পরিমাণে সঞ্চিত হতে পারে না, কেবলমাত্র একক পরমাণুরূপে থাকে। প্রতিবার এই মৌলের ধর্মগুলি বিশ্লেষণ করতে হয় যেন প্রতিবার এগুলি নতুনভাবে সংশ্লেষিত হয়েছে। এক্ষেত্রে যা করা যেতে পারে তাহলো এই যে, নতুন মৌল আবিষ্কারের থেকে বরং নির্দিষ্ট Z বিশিষ্ট কেন্দ্রীণের সৃষ্টি (উপযুক্ত অবস্থায় কেবল দেখা যেতে পারে)।

106 এবং 107 নম্বর মৌল

এই দুটি মৌলের নাম দেওয়া বা এদুটির রাসায়নিক প্রকৃতির গবেষণা করার চেষ্টা এখন পর্যন্ত কেউ করেনি। এগুলির অর্ধজীবন মেপে দেখা গেছে যে, এগুলি সেকেণ্ডের শত শত বা হাজার হাজার ভাগের এক ভাগ মাত্র। দীর্ঘ জীবন বিশিষ্ট সমস্থানিক প্রস্তুত করার আশা আছে। এই সব মৌলের সংশ্লেষণ পদ্ধতিগুলির নতুন বৈশিষ্ট্য আছে। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের পূর্ববর্তী সকল সংশ্লেষণে লক্ষ্যবস্তুগুলি বিভিন্নমাত্রায় তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল এবং এটি কাজটিকে অবশ্যই জটিল করে তোলে। কিন্তু 106 এবং 107 নম্বর মৌলের সংশ্লেষণ করতে দুবনার পদার্থবিদরা স্থায়ী মৌল (সীসা এবং বিসমাথ) লক্ষ্যবস্তু হিসেবে প্রথমবার ব্যবহার করেন এবং এগুলির ওপর ত্বরণযুক্ত ক্রোমিয়াম আয়ন বর্ষণ ক'রে বিক্রিয়াটি সংঘটিত করেন:

$$^{207}_{82}\text{Pb} + ^{54}_{24}\text{Cr} \longrightarrow {}^{259}106 + 2\text{n}$$

$$^{209}_{83}\text{Bi} + ^{54}_{24}\text{Cr} \longrightarrow {}^{261}107 + 2\text{n}$$

প্রথম বিক্রিয়াটি করা হয় 1974 এবং দ্বিতীয়টি 1976 খ্রিস্টাব্দে।

এর পরে?

ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল নেপচুনিয়াম যখন প্রথমবার সাফল্যের সঙ্গে সংশ্লেষিত হয়, তখন ইউরেনিয়ামের পর আর কত পা অগ্রসর হওয়া যাবে সে ব্যাপারে বিজ্ঞানীরা সম্পূর্ণ অজ্ঞ ছিলেন, সেই সময়টি ইতিমধ্যে তুলনামূলকভাবে অনেকদূর সরে গেছে। আমাদের সময়ের পরবর্তী প্রজন্মের বিজ্ঞানীরাও নতুন মৌলের সংশ্লেষণের সীমাটি বলতে পারবেনা।

½19—785

ম্যাকমিলান এবং অ্যাবেল্‌সন এর সমসাময়িকদের এবং বর্তমানে কর্মরত বিজ্ঞানীদের দৃষ্টিভঙ্গীর মধ্যে মৌলিক পার্থক্য আছে। সমস্যার প্রকৃত সমধানে প্রথমোক্তরা কম জানতেন, আর শেষোক্তরা বেশী জানতেন (স্ব-বিরোধী যতই শোনাক, তবু সত্যি)। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের চল্লিশ বছরের ইতিহাসে, কখনও কখনও মনে হয়েছে যে, শেষটি খুব নিকটে আছে। ক্রমাগত উচ্চমানের Z বিশিষ্ট কেন্দ্রীণের সংশ্লেষণে অর্ধজীবনের ক্রমাগত হ্রাস হতে দেখা যায়, বিশেষ করে স্বতঃবিভাজনের ক্ষেত্রে যেমন কোটি কোটি বছর থেকে ঘণ্টা, মিনিট, সেকেণ্ড, এমন কি সেকেণ্ডের ভগ্নাংশ পর্যন্ত। একটি সহজ অতিলেখনে দেখা যায় যে, Z-এর মান 108-110 হলে কেন্দ্রীণটা এতই ক্ষণস্থায়ী হবে যে, সৃষ্টিমুহূর্তে এটি ভেঙ্গে যাবে।

কিছু সময়ের জন্যে বৈজ্ঞানিক মহলে এই ধারণাটি লক্ষণীয়ভাবে বিদ্যমান ছিল যে, পর্যায় সারণীটি চূড়ান্তভাবে সমাপ্তির কাছাকাছি এসে গেছে। একশোর বেশী সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলের সমস্থানিকগুলির সংশ্লেষণ সম্বন্ধে বিবরণ বারংবার প্রকাশিত হতে লাগলে গবেষকগণ ক্রমশ বুঝতে পেরেছিলেন যে, তত্ত্বীয় ভবিষ্যদ্বাণীগুলি নির্ভুল ছিল না। অবশ্য, এই সমস্থানিকগুলি অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী ছিল, তবে তত্ত্বীয় ভবিষ্যদ্বাণীর ন্যায় তত ক্ষণস্থায়ী ছিল না। যেমন, 261 ভর-সংখ্যা বিশিষ্ট 107 নম্বর মৌলের সমস্থানিকটি স্বতঃবিভাজিত হয়ে যায়। এটির অর্ধজীবন 0·002 সেকেণ্ড, যেটি খুবই ছোট, কিন্তু Z-এর মান ক্রমাগত বৃদ্ধিতে, কেন্দ্রীণের স্থায়ীত্ব, হ্রাসের তত্ত্বীয় গণনার দ্বারা ভবিষ্যদ্বাণী করা মানের থেকে এটি অনেক অনেক বেশী। কার্যত, কেন্দ্রীণের ক্ষণ-স্থায়ীত্বের উন্নতি, এর ফলে বাধা পেয়েছিল।

এটিকে কি করে ব্যাখ্যা করা যায়? জার্মান পদার্থবিদ স্যুইনে এর (এই অধ্যায়ের আরম্ভটা দেখুন) মতবাদটিকে স্মরণ করার এইটাই উপযুক্ত সময়। আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান অনুসারে তাঁর মতবাদটিকে নিম্নলিখিতভাবে বর্ণনা করা যায়। উচ্চ পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট তীব্র তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে অদ্ভুত স্থায়ীত্ব বিশিষ্ট দ্বীপ থাকতে পারে। ঐ সব মৌলগুলি প্রতিবেশী ক্ষণস্থায়ী মৌলের তুলনায় অধিক স্থায়ী।

অনেকদিন আগে বিস্মৃত এই বিস্ময়কর ভবিষ্যদ্বাণীটি ছয়ের দশকের মাঝামাঝি আবার স্মরণ করা হয়, যখন স্থায়ীত্ব বিশিষ্ট (বা, সঠিকভাবে তুলনামূলক স্থায়ীত্ব বিশিষ্ট) দ্বীপগুলির কথা তাত্ত্বিকদের মনে উদয় হয়। গণনায় দেখা যায় যে, এই ধরনের প্রথম দ্বীপটি Z=114-এর কাছেপিঠে থাকবে। তাত্ত্বিকগণ দৃষ্টি আরো প্রসারিত করেছিলেন এবং উপলব্ধি

করেছিলেন যে, Z=126, 164 এমনকি 184-এর নিকটে এ ধরনের দ্বীপ থাকতে পারে।

এই বইয়ে মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাস সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে এবং এই ভবিষ্যদ্বাণীর বৈধতা সম্বন্ধে আমরা আলোচনা করবো না। তাঁদের মতে, স্থায়ীত্ব বিশিষ্ট ঐ সব দ্বীপগুলিতে স্বতঃবিভাজনের তুলনা দীর্ঘ স্থায়ী জীবন বিশিষ্ট কেন্দ্রীণ থাকা উচিত। অতএব এগুলিকে সংশ্লেষণ করা আর কাল্পনিক রইল না। এমন দ্বীপে বসবাসকারী মৌলের সংশ্লেষণের দ্বারা এই দুঃসাহসী এবং মার্জিত প্রকল্পটিকে সত্যিকারে প্রমাণ করা যেতে পারে। 1967 সাল থেকে আরম্ভ করে বারংবার এই দিকে চেষ্টা করা হয়েছে, কিন্তু সবগুলিই ব্যর্থ হয়েছে।

মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসে নতুন পাতা লেখা হবে — এমন এক ধরনের বিশ্বাস এখনও আছে।

উপসংহার

পর্যায় সারণীর 107 টি মৌল সম্বন্ধে গল্পের শেষ দিকে আমরা চলে এসেছি। এগুলির ভাগ্য বিভিন্ন ছিল; অনেক দেশের বহু বিজ্ঞানীর অনেক সময় এবং অনেক প্রচেষ্টার ফলে প্রকৃতি থেকে বা কৃত্রিম উপায়ে সংশ্লেষণ করে এগুলি আবিষ্কৃত হয়। মৌলের ইতিহাসে অনেক অবস্থা, তথ্য এবং ঘটনার সমীক্ষা করার পর আমরা কিছু সিদ্ধান্ত করতে পারি।

প্রাচীন এবং মধ্যযুগে জানা কিছু মৌল ছাড়া অন্য সমস্ত রাসায়নিক মৌলের আবিষ্কারকদের নাম, আবিষ্কারের তারিখ, চার নম্বর তালিকায় দেওয়া আছে। প্রায় নব্বুইটি মৌলের আবিষ্কারকদের নাম দেওয়া গেছে। প্রাকৃতিক স্থায়ী মৌলের আবিষ্কারের ক্ষেত্রে প্রায় পঞ্চাশ জন বিজ্ঞানী প্রত্যক্ষভাবে জড়িত ছিলেন। প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের আবিষ্কারের ব্যাপারে ন'জন বিজ্ঞানী ছিলেন (যদিও তেজস্ক্রিয় পরিবারের সদস্য মৌলসমূহ আবিষ্কারে প্রায় 25 জন বিজ্ঞানী ছিলেন)।

সংশ্লেষিত মৌলের আবিষ্কারের ব্যাপারে আরো বেশী সংখ্যক বিজ্ঞানী ছিলেন (প্রায় ত্রিশ জন)। এতে বিস্মিত হবার কিছু নেই কারণ ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের, বিশেষ করে যেগুলির Z-এর মান বেশী, সেগুলির সংশ্লেষণের কাজে অনেক গবেষক, তাত্ত্বিক (পদার্থবিদ এবং রসায়নবিদ উভয়েই) এবং প্রযুক্তিবিদ জড়িত ছিলেন। যেমন, 106 নম্বর মৌলের সংশ্লেষণের বিবরণে দুবনার 11 জন বিজ্ঞানী স্বাক্ষর করেছিলেন এবং এই কাজে প্রত্যেকের উল্লেখযোগ্য অবদান ছিল।

বর্তমানে জানা পর্যায় সারণীর ঘরগুলি ভর্ত্তি করার কাজে মোট 100 জন বিজ্ঞানী জড়িত ছিলেন।

এদের মধ্যে কোন কোন জন রেকর্ডধারী (সেরা) ছিলেন। প্রকৃতিতে পাওয়া মৌলের দিকে যদি আমরা ফিরে তাকাই তাহলে দেখা যাবে যে

তালিকা 4

মৌলের আবিষ্কার (তারিখ এবং নাম)

মৌল	তারিখ	আবিষ্কারক
হাইড্রোজেন	1766	এইচ. ক্যাভেনডিশ
হিলিয়াম	1868	এন. লকিয়ার, জে. জেনসেন
লিথিয়াম	1817	আই. আর্ফভেড্সন
বেরিলিয়াম	1798	এল. ভায়্কুয়েলিন
বোরণ	1808	জে. গ্যে-ল্সাক, এল. থেনার্ড
কার্বন		প্রাচীনকাল থেকে জানা
নাইট্রোজেন	1772	ডি. রাদারফোর্ড
অক্সিজেন	1774	জে. প্রিস্টলে, সি. সীলে
ফ্লোরিন	1771	সি. শীলে
নিয়ন	1898	ডবল্. র‍্যামজে, এম. ট্রাভার্স
সোডিয়াম	1807	এইচ. ডেভি
ম্যাগনেশিয়াম	1808	এইচ. ডেভি
অ্যাল্মিনিয়াম	1825	এইচ. ওরস্টেড
সিলিকন	1823	জে. বার্জেলিয়াস
ফসফরাস	1669	এইচ. ব্রান্ডট্
গন্ধক (সালফার)		প্রাচীনকাল থেকে জানা
ক্লোরিন	1774	সি. শীলে
আর্গন	1894	ডবল্. র‍্যামজে, ডবল্. র‍্যালিথ
পটাশিয়াম	1807	এইচ. ডেভি
ক্যালসিয়াম	1808	এইচ. ডেভি
স্ক্যান্ডিয়াম	1879	এল. নিল্সন
টাইটেনিয়াম	1795	এম. ক্লপরথ
ভ্যানাডিয়াম	1830	এফ. সেফ্স্ট্রম
ক্রোমিয়াম	1797	এল. ভায়্কুয়েলিন
ম্যাঙ্গানিজ	1774	সি. শীলে
লোহা		প্রাচীন কাল থেকে জানা
কোবাল্ট	1735	ডবল্. ব্রান্ডট
নিকেল	1751	এ. ক্রোন্স্টেড্ট
তামা		প্রাচীন কাল থেকে জানা
দস্তা		মধ্যযুগে পাওয়া গেছে
গ্যালিয়াম	1875	পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন

মৌল	তারিখ	আবিষ্কারক
জার্মেনিয়াম	1886	সি. উইনক্লের
আর্সেনিক		মধ্যযুগে পাওয়া গেছে
সেলেনিয়াম	1817	জে. বার্জেলিয়াস
ব্রোমিন	1826	এ. বালার্ড
ক্রিপ্টন	1898	ডবলু. র‍্যামজে, এম. ট্রাভার্স
রুবিডিয়াম	1861	আর. বুনসেন, জি. কিরচফ
স্ট্রনশিয়াম	1790	ক্রউফোর্ড
ইট্রিয়াম	1794	জে. গ্যাডোলিন
জার্কোনিয়াম	1789	এম. ক্লপরথ
নায়োবিয়াম	1801	সি. হ্যাটচেট
মলিবডেনাম	1778	সি. শীলে
টেকনেশিয়াম	1937	সি. পেরিয়ের, ই. সেগ্রে
রুথেনিয়াম	1844	সি. ক্লউস
রোডিয়াম	1804	ডব্লু. ওল্লাসটোন
প্যালাডিয়াম	1803	ডব্লু. ওল্লাসটোন
রুপা		প্রাচীন কাল থেকে জানা
ক্যাডমিয়াম	1817	জি. স্ট্রোমেয়ার
ইন্ডিয়াম	1863	এফ. রেইচ
টিন		প্রাচীন কাল থেকে জানা
অ্যান্টিমনি		মধ্যযুগে পাওয়া গেছে
টেলুরিয়াম	1782	এফ. মুলার ভন রাইসেনস্টাইন
আয়োডিন	1811	বি. কোর্টোয়িস
জেনন	1898	ডবলু. র‍্যামজে, এম. ট্রাভার্স
সিজিয়াম	1861	আর. বুনসেন, জি. কিরচফ
বেরিয়াম	1774	সি. শীলে, ও. হান
ল্যান্হানাম	1839	সি. মোসান্ডার
সেরিয়াম	1803	জে. বার্জেলিয়াস, ডবলু. হিসিংগার, এম. ক্লপরথ
প্রসিয়োডিমিয়াম	1885	সি. অউচের ভন ওয়েল্সবাখ
নিয়োডিমিয়াম	1885	সি. অউচের ভন ওয়েল্সবাখ
প্রোমেথিয়াম	1945	জে. মেরিনস্কি, এল. গ্লেন্ডেনিন, সি. কোরিয়েল
সামারিয়াম	1879	পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন

মৌল	তারিখ	আবিষ্কারক
ইউরোপিয়াম	1901	ই. ডেমার্কাই
গ্যাডোলিনিয়াম	1886	পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন
টারবিয়াম	1843	সি. মোসান্ডার
ডায়াসপ্রোসিয়াম	1886	পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন
হলমিয়াম	1879	পি. ক্লেভে
এরবিয়াম	1843	সি. মোসান্ডার
থুলিয়াম	1879	সি. ক্লেভে
ইটারবিয়াম	1878	সি. ম্যারিগন্যাক
লুটেশিয়াম	1907	জে. আরবেইন
হ্যাফনিয়াম	1923	জে. হেভ্রেসি, ডি. কোস্টার
ট্যান্টালাম	1802	এ. একেবার্গ
টাংস্টেন	1781	সি. শীলে
রেনিয়াম	1925	ডবলু. নোডাক, আই. ট্যাকে, ও. বার্গ
অসমিয়াম	1804	এস. টেন্নান্ট
ইরিডিয়াম	1804	এস. টেন্নান্ট
প্ল্যাটিনাম	1748	?
সোনা		প্রাচীন কাল থেকে জানা
পারদ		প্রাচীন কাল থেকে জানা
থ্যালিয়াম	1861	ডবলু. ক্রুক্‌স
সীসা		প্রাচীন কাল থেকে জানা
বিসমাথ		মধ্যযুগে পাওয়া গেছে
পোলোনিয়াম	1898	এম. কুরি, পি. কুরি
অ্যাস্টাটিন	1940	ডি. করসন, কে. ম্যাকেঞ্জি, ই. সেগ্রে
র‍্যাডন	1899	ই. রাদারফোর্ড, আর. ওউইনস
ফ্রান্সিয়াম	1939	এম. পেরেই
রেডিয়াম	1898	এম. কুরি, পি. কুরি
অ্যাক্টিনিয়াম	1899	এ. ডেবিয়েৰ্নে
থোরিয়াম	1828	জে. বার্জেলিয়াস
প্রোট্যাক্টিনিয়াম	1918	ও. হান, এল. মেইটনার, এফ. সডি, এ. ক্রান্সটন
ইউরেনিয়াম	1789	এম. ক্লপরথ
নেপচুনিয়াম	1940	ই. ম্যাকমিলান, পি. অ্যাবলসন
প্লুটোনিয়াম	1940	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ

মৌল	তারিখ	আবিষ্কারক
আমেরিসিয়াম	1945	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
কুরিয়াম	1944	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
বার্কেলিয়াম	1950	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
ক্যালিফোর্নিয়াম	1950	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
আইনস্টাইনিয়াম	1952	এ. গিয়োর্সো, জি. সিবর্গ ও তাঁর সহকর্মিগণ
ফার্মিয়াম	1952	এ. গিয়োর্সো এবং তাঁর সহকর্মিগণ
মেণ্ডেলিভিয়াম	1955	জি. সিবর্গ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
102	1963—1966	জি. ফ্লেরভ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
লরেন্সিয়াম	1961	এ. গিয়োর্সো এবং তাঁর সহকর্মিগণ
কুর্চাটোভিয়াম	1964	জি. ফ্লেরভ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
নিলস্‌বোরিয়াম	1970	জি. ফ্লেরভ এবং তাঁর সহকর্মিগণ
106	1974	ইয়ু. ওগানেসিয়ান এবং তাঁর সহকর্মিগণ
107	1976	ইয়ু. ওগানেসিয়ান এবং তাঁর সহকর্মিগণ

সেরা স্থানটি দখন করে আছেন সুইডিশ রসায়নবিদ সি. শীলে, যিনি ফ্লোরিন, ম্যাঙ্গানিজ, মলিবডেনাম, বেরিয়াম এবং ট্যাংস্টেন — এই ছটি মৌল আবিষ্কার করেন। এ ছাড়াও তিনি জে. প্রিস্টলের সঙ্গে অক্সিজেন আবিষ্কার করেন।

নতুন মৌল আবিষ্কারের কৃতিত্বের জন্যে ডবল্যু র‍্যামজেকে রূপার পদক দেওয়া যেতে পারে, যিনি (যদিও সহকর্মীর সঙ্গে) আবিষ্কার করেন আর্গন (র‍্যালিথের সঙ্গে), হিলিয়াম (ক্রুক্‌সের সঙ্গে), ক্রিপ্‌টন, নিয়ন এবং জেনন (এগুলি ট্রাভার্সের সঙ্গে)। নিম্নলিখিত প্রত্যেক বিজ্ঞানী চারিটি করে প্রাকৃতিক মৌল আবিষ্কার করেন: জে. বার্জিলিয়াস (সেরিয়াম, সেলেনিয়াম, সিলিকন এবং থোরিয়াম); এইচ. ডেভি (পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম); পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন (গ্যালিয়াম, সামারিয়াম, গ্যাডোলিয়াম এবং ডায়াসপ্রোসিয়াম)। নিম্নলিখিত (গ্যালিয়াম, সামারিয়াম, মৌল আবিষ্কার করেন: এম. ক্লপরথ (টাইটেনিয়াম, জার্কোনিয়াম এবং ইউরেনিয়াম) এবং সি. মোসাণ্ডার (ল্যান্হানাম, টারবিয়াম এবং এরবিয়াম)।

তালিকা 5

1750 থেকে 1925 সালের মধ্যে নতুন মৌলসমূহের আবিষ্কারের হার

বছর	আবিষ্কৃত মৌলসমূহ	জানা মোট মৌল
1750 এর পূর্বে	16 (C, P, S, Fe, Co, Cu, Zn, As. Ag, Sn, Sb, Pt, Au, Hg, Pb, Bi)	16
1751—1775	8 (H, N, O, F, Cl, Mn, Ni, Ba)	24
1776--1800	10 (Be, Ti, Cr, Y, Zr, Mo, Te, W, U, Sr)	34
1801—1825	18 (Li, B, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Se, Nb, Rh, Pd, Cd, I, Ce, Ta, Os, Ir)	52
1826—1850	7 (V, Br, Ru, La, Tb, Er, Th)	59
1851—1875	5 (Rb, In, Cs, Tl, Ga)	64
1876—1900	19 (He, Ne, Ar, Sc, Ge, Kr, Xe, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Ho, Tu, Yb, Po, Ra, Ac, Rn)	83
1901—1925	5 (Eu, Lu, Hf, Re, Pa)	88

অবশেষে, একাধিক বিজ্ঞানীরা প্রত্যেকে দুটি করে মৌল আবিষ্কার করেন: এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন (বেরিলিয়াম এবং ক্রোমিয়াম); ডবলু. ওয়াল্সটোন (রোডিয়াম এবং প্যালাডিয়াম); আর. বুনসেন এবং জি. কিরচফ (রুবিডিয়াম এবং সিজিয়াম); সি. অউয়েরর ভন ওয়েল্সবাখ (প্রাসিয়োডিমিয়াম এবং নিয়োডিমিয়াম); পি. ক্লেভে (হলমিয়াম এবং থুলিয়াম) এবং এস. টেন্নাণ্ট (অসমিয়াম এবং ইরিডিয়াম)। এইটাই মোটামুটি আদর্শ বিবরণ। আমরা যখন প্রত্যেকটি মৌলের আবিষ্কার সম্বন্ধে আলোচনা করেছিলাম তখন আমরা এমন অবস্থার সঙ্গে পরিচয় হই নি, যেখানে আবিষ্কারকের নাম বলা যায়নি।

প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের ব্যাপারে কুরিরা ছিলেন সেরা, যাঁরা ইউরেরিনয়াম আকরিক থেকে পোলোনিয়াম এবং রেডিয়াম নিষ্কাশন করেন। ইউরেনিয়ামোত্তর আটটি মৌল (প্লুটোনিয়াম থেকে মেণ্ডেলেভিয়াম পর্যন্ত) আবিষ্কারে জি. সিবর্গ অংশ নিয়েছিলেন। 102 — 107 নম্বর মৌলের

বিশ্বাসযোগ্য সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে চূড়ান্ত ভূমিকায় অংশ নিয়েছিলেন দুবনার জি. ফ্লেরভ এবং তাঁর বিরাট দলটি।

বিভিন্ন দেশে আবিষ্কৃত মৌলগুলির দিকে এখন তাকানো যাক।

সবচেয়ে বেশী সংখ্যক মৌল — 23টি — আবিষ্কার করেন সুইডিশ বিজ্ঞানীরা। এগুলির মধ্যে আছে (কালপঞ্জীর ক্রমানুযায়ী) কোবাল্ট (1735), নিকেল (1751), ফ্লোরিন (1771), ক্লোরিন (1774), ম্যাঙ্গানিজ (1774), বেরিয়াম (1774), মলিবডেনাম (1778), টাংস্টেন (1781), ইট্রিয়াম (1794), ট্যাণ্টালাম (1802), সেরিয়াম (1803), লিথিয়াম (1817), সেলেনিয়াম (1817), সিলিকন (1823), থোরিয়াম (1828), ভ্যানাডিয়াম (1830), অক্সিজেন (1774), ল্যান্থানাম (1839), টারবিয়াম (1843), এরবিয়াম (1843), স্ক্যাণ্ডিয়াম (1879), হলমিয়াম (1879), এবং থুলিয়াম (1879)। এই তালিকায় বিরল এবং বিরলমৃত্তিকা মৌলগুলি আছে এবং এতে বিস্মিত হবার কিছু নেই। অষ্টাদশ শতাব্দীতে সুইডেনে ধাতু-বিদ্যার প্রভূত উন্নতি হয়েছিল এবং লোহার আকরিকের নতুন সঞ্চয়ের প্রয়োজন ছিল। এগুলি যাঁরা অন্বেষণ করছিলেন, এই সময় তাঁরা, কিংবা প্রায় স্বতন্ত্রভাবে নতুন খনিজ আবিষ্কার করেছিলেন, যে খনিজগুলিতে অজানা মৌল পাওয়া গিয়েছিল। এ ছাড়াও, সুইডিশ রসায়নবিদগণ নানাবিধ আকরিক এবং খনিজ বিশ্লেষণের প্রভূত অভিজ্ঞতা অর্জন করেছিল। অতএব, শিল্পে ব্যবহারিক প্রয়োজনে সুইডেন এমন দেশে পরিণত হয়েছিল, যে দেশের বিজ্ঞানীগণ সবচেয়ে বেশী মৌল আবিষ্কার করেন।

দ্বিতীয় স্থানে আছে ব্রিটেন। ইংরেজ বিজ্ঞানীগণ মোট 20টি মৌল আবিষ্কার করেন: হাইড্রোজেন (1766), নাইট্রোজেন (1772), অক্সিজেন (1774), স্ট্রনশিয়াম (1787), নায়োবিয়াম (1801), প্যালাডিয়াম (1803), রোডিয়াম (1804), অসমিয়াম (1804), ইরিডিয়াম (1804), সোডিয়াম (1807), পটাশিয়াম (1807), ম্যাগনেশিয়াম (1808), ক্যালসিয়াম (1808), থ্যালিয়াম (1861), আর্গন (1894), হিলিয়াম (1895), নিয়ন (1898), ক্রিপটন (1898), জেনন (1898) এবং র‍্যাডন (1900)। ব্রিটিশ রসায়নবিদদের কাজটি গবেষণার সাধারণ বিন্যাস এবং মৌল আবিষ্কারের মধ্যে যোগসূত্রটি বিশেষভাবে স্পষ্ট করে দেখিয়েছিল। গ্যাস-সংক্রান্ত রসায়নের জন্মস্থান ছিল ব্রিটেন, এখানে বিভিন্ন ধরনের বাতাস আবিষ্কৃত হয়েছিল, পরে যেগুলি মৌল গ্যাস বলে প্রতিপন্ন হয়, যেমন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন। গবেষণার ক্ষেত্রে উপযুক্ত অবস্থার জন্যে ব্রিটেনে একশো বছর

পর নিস্ক্রিয় গ্যাসগুলি আবিষ্কৃত হয় (এখানে অসাধারণ ভূমিকায় অংশ নিয়েছিলেন এক বিজ্ঞানী, তিনি হলেন ডবলু, র‍্যামজে)। ঊনবিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে ব্রিটেনে তড়িৎ-রসায়নের উল্লেখযোগ্য উন্নতি হয়, যার ফলে এইচ. ডেভি সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম এবং ক্যালসিয়ামকে মুক্ত অবস্থায় প্রস্তুত করতে পেরেছিলেন। অশোধিত প্ল্যাটিনামের গবেষণায় উন্নতি হওয়ায় ব্রিটেনে চারটি প্ল্যাটিনাম ধাতু আবিষ্কৃত হয়।

তৃতীয় স্থানটি ধরে রেখেছে, ফ্রান্স, যেখানে পনেরোটি মৌল আবিষ্কৃত হয়: ক্রোমিয়াম (1797), বেরিলিয়াম (1798), বোরন (1808), আয়োডিন (1811), ব্রোমিন (1826), গ্যালিয়াম (1875), সামারিয়াম (1879), গ্যাডোলিনিয়াম (1886), ডায়াসপ্রোসিয়াম (1886), রেডিয়াম (1898), পোলোনিয়াম (1898), অ্যাক্টিনিয়াম (1899), ইউরোপিয়াম (1901), লুটেশিয়াম (1907), ফ্রান্সিয়াম (1939)। এতে অবাক হওয়ার কিছু নেই যে, ফরাসী বিজ্ঞানীরা তেজস্ক্রিয় মৌল পোলোনিয়াম, রেডিয়াম এবং অ্যাক্টিনিয়াম আবিষ্কার করেন। ফ্রান্সে তেজস্ক্রিয়তা গবেষণা আরম্ভ হওয়ার আগে এই মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়। অতি সুদক্ষ বর্ণালি বিশ্লেষক পি. লেকক ডি বোইসবাউড্রেন বর্ণালি বিশ্লেষণের সাহায্যে চারটি নতুন মৌল আবিষ্কার করেন — গ্যালিয়াম এবং তিনটি বিরলমৃত্তিকা মৌল (সামারিয়াম, গ্যাডোলিনিয়াম এবং ডায়াসপ্রোসিয়াম)। ক্রোমিয়াম এবং বেরিলিয়ামেরর আবিষ্কারক ছিলেন এল. ভ্যায়ুকুয়েলিন; তিনি এতই দক্ষ বৈশ্লেষিক রসায়নবিদ ছিলেন যে, তিনি যদি পৃথিবীকে কমপক্ষে একটিও নতুন মৌল না দিতে পারতেন তাহলে সেটা খুবই অন্যায় হতো।

আবিষ্কৃত মৌলের সংখ্যার (10) বিচারে জার্মানের দখলে ছিল চতুর্থ স্থানটি। এগুলির মধ্যে আছে জার্কোনিয়াম (1789), ইউরেনিয়াম (1789), টাইটেনিয়াম (1795), ক্যাডমিয়াম (1817), সিজিয়াম (1860), রুবিডিয়াম (1861), ইণ্ডিয়াম (1863), জার্মেনিয়াম (1886),প্রোট্যাক্টিনিয়াম (1918), রেনিয়াম (1925)। এই সমস্ত আবিষ্কারের জন্যে নিম্নলিখিত তিনটি কারণের প্রচুর অবদান ছিল: এম. ক্লপরথের বৈশ্লেষিক রসায়নে অসামান্য দক্ষতা ((Ti, Zr এবং U), বর্ণালি বিশ্লেষণে উন্নতি (Cs, Rd এবং In), বৃহৎ-পরিসরে এক্স-রশ্মি বর্ণালিবীক্ষণ গবেষণা (Re)।

অস্ট্রিয়ান বিজ্ঞানীগণ তিনটি মৌল আবিষ্কার করেন: টেলুরিয়াম (1782), প্রাসিয়োডিমিয়াম (1885) এবং নিয়োডিমিয়াম (1885)। ড্যানিশ বিজ্ঞানীরা অ্যালুমিনিয়াম (1825) এবং হ্যাফনিয়াম (1923) আবিষ্কার

করেন। 1884 খ্রিস্টাব্দে রাশিয়ায় একটি মৌল (রুথেনিয়াম) আবিষ্কৃত হয়। কিন্তু নতুন আবিষ্কৃত অনেক মৌলদের, প্রাকৃতিক খনিজ থেকে রাশিয়ান বিজ্ঞানীরা নিষ্কাশিত করেন এবং এগুলির ধর্মের গবেষণা করেন (প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলি, ক্রোমিয়াম, স্ট্রনশিয়াম)। নানান কারণের জন্যে যদিও রাশিয়ান বিজ্ঞানীরা অনেক নতুন মৌল আবিষ্কার করতে পারেননি, কিন্তু এটা ভুললে চলবে না যে, মহান রাশিয়ান রসায়নবিদ দ. মেণ্ডেলেয়েভ, মৌলের পর্যায় সারণীটি সৃষ্টি করেন, যে কাজটি অনেক কটা নতুন মৌল আবিষ্কারের থেকেও অনেক কঠিন ছিল।

এতে বিস্ময়ের কিছু নেই যে, প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বেশীভাগ মৌলই আবিষ্কৃত হয় চারটি দেশে — ব্রিটেন, ফ্রান্স, জার্মানি এবং সুইডেনে, যেস্থানগুলিতে রসায়নবিজ্ঞানটি অত্যন্ত উন্নত ছিল। এই সব দেশের বিজ্ঞানীরা অনেক উল্লেখযোগ্য ফলাফল পেয়েছিলেন, নতুন মৌল আবিষ্কারে যেগুলির অনেক অবদান আছে।

সংশ্লেষিত মৌলের আবিষ্কারগুলি আগে আলোচিত হয়েছে। এখানে আমরা কেবল উল্লেখ করবো যে, 102 থেকে 107 পর্যন্ত Z বিশিষ্ট মৌলের জটিলতম সংশ্লেষগুলি প্রথমে সোভিয়েত ইউনিয়নে বিশ্বাসযোগ্যভাবে করা হয়।

অপর উল্লেখযোগ্য প্রশ্ন হলো, নানা ঐতিহাসিক সময়ে কী হারে মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়? 1750 সাল (প্রায় এই সময় থেকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ উন্নতি করতে শুরু করে) থেকে আরম্ভ করা যাক এবং 1925 সালে (যে সময় সর্বশেষ স্থায়ীমৌল রেনিয়াম আবিষ্কৃত হয়) শেষ করা যাক। প্রতি 25 বছর সময়ের তথ্যগুলি 5 নং তালিকায় দেওয়া হলো।

5 নং তালিকা থেকে দেখা যায় যে, দুটি 25-বছর সময়কালে নতুন মৌল আবিষ্কার সবচেয়ে বেশী হয়েছিল। প্রথমটি ছিল 1801 থেকে 1825-এর মধ্যে, যখন 18 টি মৌল আবিষ্কৃত হয়। এটি সহজে বোঝা যায়, কারণ এই সময়ে ক্লপরথ, বার্জিলিয়াস এবং অন্যান্য অসাধারণ বিজ্ঞানীদের কাজের ফলে রাসায়নিক বিশ্লেষণের প্রভূত উন্নতি হয়েছিল। এই সময় ডেভিরও উল্লেখযোগ্য অবদান ছিল, যিনি তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি প্রবর্তন করেন, যার ফলে খুব অল্প সময়ের মধ্যে একাধিক ক্ষার এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু উৎপন্ন হয়েছিল। বর্ণালিবীক্ষণ এবং তেজস্ক্রিয়মিতির ক্রমবিকাশ এবং বিরলমৃত্তিকা মৌলের রসায়নের অগ্রগতি দ্বারা দ্বিতীয় শীর্ষ সময়টি ব্যাখ্যা করা যায় (এই সময় 19 টি আবিষ্কৃত মৌলের সংকেতের দিকে তাকালে এটি সহজেই বোঝা যায়)। এই দুই সময়ের (1825-1875)

মাঝখানে পঞ্চাশ বছর কালে মাত্র 12 টি মৌল আবিষ্কৃত হয়। এর কারণগুলি খুবই সোজা। বলতে গেলে, এই সময় রাসায়নিক বিশ্লেষণ প্রায় সমস্ত মৌলই বার করে ফেলেছিল,তার মানে, এর দ্বারা সনাক্ত করা যায় — এমন মৌল খুব কমই অবশিষ্ট ছিল। অন্য দিকে, বর্ণালি বিশ্লেষণ তখনও নব্যবিজ্ঞান ছিল, যে তার শক্তি পরীক্ষা করছিল। বিংশ শতাব্দীর প্রথম পঁচিশ বছরে মাত্র পাঁচটি মৌল আবিষ্কৃত হয়েছিল, তার মানে এই নয় যে সেই সময় বিজ্ঞানের ক্ষমতা সীমিত ছিল। এটি কেবল দেখিয়েছিল যে প্রকৃতিতে বিদ্যমান মৌলগুলি কার্যত প্রায় সবগুলি আবিষ্কৃত হয়ে গিয়েছে।

আগের আলোচনায় একটি দুর্বল স্থান ছিল, যেটি এর মানটি কিছুটা কমিয়ে দিয়েছিল। এটি প্রতিষ্ঠিত ছিল 4 নং তালিকায় দেওয়া তথ্যগুলির ওপর, বিশেষ করে আবিষ্কারের তারিখের ওপর (যখন এগুলি মোটে জানা ছিল)। কিন্তু মৌলের ইতিহাসে এই তারিখগুলি বিভিন্ন ঘটনা বর্ণনা করে, বা অন্য কথায়, এগুলির বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য ছিল।

নিম্নলিখিত উদাহরণ থেকে এটি দেখানো যেতে পারে। ফ্লোরিন, ক্লোরিন এবং ব্রোমিন এই তিনটি হ্যালোজেন নেওয়া যাক। 1771 সালকে ফ্লোরিনের আবিষ্কারের তারিখ হিসেবে ধরা হয়, যখন সি. শীলে একটি বস্তু প্রস্তুত করেন, যেটি পরে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড বলে প্রমাণিত হয়। কিন্তু পনেরো বছর পর ল্যাভয়সিয়ের বলেন যে এটিতে একটি নতুন মৌল আছে, উপরন্তু ভুল করেন যখন তিনি ধরে নেন যে এটিতে অক্সিজেন আছে। 1810 সালে মাত্র ডেভি এবং অ্যাম্পিয়ার (Ampire) নির্দিষ্ট করে বলেন যে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন এবং একটি অজ্ঞাত মৌলের যৌগ, তার মানে, ফ্লোরিন। 1886 সালে, এত পরে মুক্ত মৌলটি প্রস্তুত করা হয়। সাধারণভাবে বলতে গেলে এই প্রত্যেকটি তারিখই ফ্লোরিনের আবিষ্কারের তারিখ বলে গণ্য করা যেতে পারে। কিন্তু মনোনীত তারিখটি হলো 1771 সাল, যদিও শীলে নিশ্চিত করে জানতেন না যে তিনি কী আবিষ্কার করেছেন। ডিফ্লোজিস্টিকেটেড মিউরেটিক অ্যাসিডরূপে শীলে ক্লোরিনকে আবিষ্কার করেন এবং তিনি এটিকে সরলবস্তু বলে গণ্য করেননি, যদিও মুক্ত ক্লোরিন উদ্ভূত হতে তিনি বিশেষভাবে লক্ষ্য করেছিলেন। ক্লোরিন আবিষ্কারের পরিপ্রেক্ষিতে, এই ঘটনাটি ক্লোরিন আবিষ্কারের স্বীকৃত তারিখটি অনেক ভালোভাবে প্রতিপন্ন করে, যে ফ্লোরিনকে তখনও সরলবস্তু রূপে নিষ্কাশিত করা যায়নি। ক্লোরিনের ইতিহাসে 1810 সালে, ডেভি এটির মৌল স্বরূপটি চূড়ান্তভাবে নির্ধারণ করেন। সোডিয়াম, পটাশিয়াম,

ম্যাগনেশিয়াম এবং ক্যালসিয়ামের আবিষ্কারক হিসেবে ডেভিকে গণ্য করা হয়, যদিও এই সমস্ত মৌলের যৌগগুলি বহুদিন পূর্ব থেকে জানা ছিল।

অন্যদিকে, যে মৌলের ব্যাপারে কোন বিতর্ক সৃষ্টি হয়নি, তার সুন্দর উদাহরণ হলো আয়োডিন। 1811 খ্রিস্টাব্দে, এটি সরাসরি সরল বস্তুরূপে আবিষ্কৃত হয়, অল্পকাল ধরে এটি গবেষিত হয় এবং হ্যালোজেনের সদস্য বলে স্বীকৃত হয়। অতএব, আমরা বুঝতে পারছি যে 4 নং তালিকায় প্রদত্ত এই তিনটি মৌলের আবিষ্কারের তিনটি তারিখের (1771, 1774 এবং 1811) মানে সম্পূর্ণ আলাদা।

ব্রোমিন, ইট্রিয়াম এবং হিলিয়াম, এই তিনটি সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের মৌলের আবিষ্কারের অন্য একটি উদাহরণ দেওয়া হলো। 4 নং তালিকায় দেওয়া এই তিনটি মৌলের আবিষ্কারের তারিখের মানে কি? ব্রোমিনের আবিষ্কারের তারিখটি (1826) হলো মৌলটি মুক্ত অবস্থায় নিষ্কাশিত হওয়ার তারিখ। ইট্রিয়ামের তারিখটি হলো এটির অক্সাইড প্রস্তুতির তারিখ (1794)। চল্লিশ বছর পর এটি পরিষ্কার হয়েছিল যে গ্যাডোলিনের "ইট্রিয়াম" আসলে বিরলমৃত্তিকার মিশ্রণ ছিল এবং তুলনামূলকভাবে বিশুদ্ধ ইট্রিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করেন মোসাণ্ডার। অতএব, 1794 সালে, একক মৌল আবিষ্কারের থেকে বরং সহকর্মী মৌলের মিশ্রণটি আবিষ্কার করা হয়েছিল। হিলিয়াম আবিষ্কারের স্বীকৃত তারিখটি (1868) হলো এমন একটি ব্যাপার যা মৌলের ইতিহাসে এর আগে আর কোন দিন ঘটেনি। পার্থিব বস্তুকে গবেষণা না করে বরং সৌর প্রজ্বলের বর্ণালিতে দেখা অজ্ঞাত রেখা থেকে নতুন একটি মৌলের অস্তিত্ব সম্বন্ধে প্রথমবার সিদ্ধান্ত করা হয়। যত দিন না এটিকে পৃথিবীতে (1895) পাওয়া যায় ততদিন মৌলটি একটি বিশুদ্ধ প্রকল্প হয়ে ছিল।

আবার আমরা দেখতে পাই যে তিনটি আবিষ্কারের তারিখের বিভিন্ন অর্থ এবং পটভূমি ছিল। আমরা আরো উদাহরণ দিতে পারি।

মৌলগুলি আবিষ্কারের তারিখের মানের মধ্যে এমন পরিষ্কার পার্থক্য, এর পর কেমন করে ব্যাখ্যা করা যায়? উত্তরটা হলো এই যে, "রাসায়নিক মৌল আবিষ্কার" এই বাক্যটির কোন নির্দিষ্ট সংজ্ঞা নেই এবং বিভিন্ন প্রসঙ্গে প্রায় ব্যবহৃত হয়।

বিখ্যাত সোভিয়েত রসায়ন-ইতিহাসবেত্তা এন. ফিগুরোভ্স্কি (N. Figurovsky)-এর সংজ্ঞাটি এখানে দেওয়া হলো: "একটি মৌল আবিষ্কারের মানে অবশ্য এই নয় যে মৌলটিকে কেবলমাত্র মুক্ত অবস্থায়

প্রস্তুত (নিষ্কাশন) করা, রাসায়নিক বা ভৌত পদ্ধতি দ্বারা কোন যৌগে এটির উপস্থিতিটা নির্ধারণ করাকেও বোঝায়। প্রকৃত পক্ষে, অষ্টাদশ শতাব্দীর দ্বিতীয় অর্ধ থেকে আবিষ্কারের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র এই সংজ্ঞাটি প্রযোজ্য। ইতিপূর্বে ঐতিহাসিক কালে এটি প্রযোজ্য হতে পারে না, যখন অজ্ঞাত মৌলবিশিষ্ট যৌগের গতি সম্বন্ধে গবেষণা করার কোন উপায় বিজ্ঞানীদের ছিল না''। ওপরে বর্ণিত বিবৃতির দ্বিতীয় অংশের সঙ্গে আমরা সম্পূর্ণ একমত, কিন্তু প্রথম অংশের সঙ্গে নই। একটি সরল বস্তু হিসেবে নতুন একটি মৌল প্রস্তুতি এবং যৌগে মৌলটির উপস্থিতি নির্ণয়ের মধ্যে এটি কোন পার্থক্য করেনি। কিন্তু এগুলি সম্পূর্ণ ভিন্ন জিনিস কারণ বিভিন্ন মৌলের আবিষ্কারের তারিখের মধ্যে বিভিন্ন মানে হয়, এই আলোচনার সময় আমরা তা দেখিয়েছি। সরলবস্তু রূপে একটি মৌলকে পাওয়া, মৌলটির ইতিহাসে একটি গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা। প্রকৃত পক্ষে, মৌলটির ধর্ম সম্বন্ধে যথেষ্ট জ্ঞান অর্জন করতে হলে; মৌলটিকে মুক্ত অবস্থায় যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া প্রয়োজন। তার পরেই বিজ্ঞানীগণ এটির নানান রাসায়নিক ধর্ম অধ্যয়ন করতে পারেন (যেমন, বিভিন্ন বিক্রিয়কের সঙ্গে এটির বিক্রিয়া) এবং এটির প্রায় সমস্ত ভৌত ধর্মের বেলায়ও তা প্রযোজ্য। অতএব, মুক্ত অবস্থায় মৌলটিকে নিষ্কাশন করার কাজকে, আবিষ্কারের উন্নততর ধাপ হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে এবং যৌগরূপে প্রস্তুত করা হলো, নিম্নতর প্রাথমিক অবস্থা।

মৌলের ইতিহাস প্রমাণ করে যে আবিষ্কারের উন্নত ধাপে পৌঁছানোটাই এটি সব সময় বোঝাতো না; তার অর্থ, মুক্ত অবস্থায় মৌলটি প্রস্তুত করাটাই সবসময় আবিষ্কার বোঝাতো না। ফলে, মৌলের আবিষ্কারটি একটিমাত্র ঘটনা, এটা আমরা সব সময় মনে করতে পারি না, বরং মোটামুটি এটি একটি দীর্ঘ পদ্ধতি। 4নং তালিকাটিতে একটি মৌলের ইতিহাসে মাত্র একটি তারিখ দেখানো হয়েছে এবং কোন এক ভাবে ইতিহাসটিকে অগ্রাহ্য করা হয়েছে। নতুন মৌলের অস্তিত্ব সম্বন্ধে পরোক্ষভাবে নির্ধারিত তারিখও 4নং তালিকায় কোন কোনটির ক্ষেত্রে দেখা যায় (যেমন তেজস্ক্রিয়মিতি বা বর্ণালিবীক্ষণ পদ্ধতি দ্বারা আবিষ্কৃত প্রথম মৌলগুলি, যেগুলিকে কিন্তু পদার্থ হিসেবে তখনও নিষ্কাশিত করা হয় নি)।

আবিষ্কারের পদ্ধতি অনুসারে আমরা রাসায়নিক মৌলগুলিকে দুটি শ্রেণীতে বিভক্ত করতে পারি: প্রকৃতিতে পাওয়া মৌল এবং সংশ্লেষিত মৌল। প্রথম বিভাগটিতে সেই সমস্ত মৌলগুলিকে আমরা রাখবো না,

যেগ্দুলির ক্ষেত্রে আবিষ্কার কথাটি প্রযোজ্য নয়, তার মানে প্রাচীনকাল বা মধ্যযুগ থেকে ঐ সমস্ত যৌগগ্দুলি জানা ছিল।

অতঃপর আমরা দেখতে পাই যে, প্রথম বিভাগে অবস্থিত মৌলের বৃহদাংশ প্রথমে যৌগরূপে আবিষ্কৃত হয়েছিল (Li, Be, F, Sc, Ti, V, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Po, Fr, Ra, Ac, Pa, Th, U)। 36 টি মৌলের মধ্যে দশটি মৌল (Rb, Sm, Eu, Dy, Ho, Tu, Yb, Lu, Hf, Re) বর্ণালি বিশ্লেষণ দ্বারা প্রথম নির্ধারিত হয় এবং পাঁচটি মৌল (Po, Fr, Ra, Ac, Pa) তেজস্ক্রিয়মিতি পদ্ধতি দ্বারা নির্ধারিত হয়। যদিও ওপরের কোনও কোনও মৌলদের এই তালিকায় শর্ত সাপেক্ষে রাখা যেতে পারে।

প্রায় চল্লিশটি মৌলকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া গিয়েছিল, যেগ্দুলিকে পূর্বে যৌগে সনাক্ত করা যায় নি (H, He, B, N, O, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, Ar, K, Ca, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Ge, Se, Br, Kr, Sr, Ru, Rh, Pd, Cd, In, Te, I, Xe, Cs, Ba, Os, Ir, Pt, Tl, Rn)। বর্ণালি বিশ্লেষণের দ্বারা আটটি মৌলকে (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Cs, In, Tl) প্রথম সনাক্ত করা এবং তেজস্ক্রিয়মিতি দ্বারা র‍্যাডনকে প্রথম সনাক্ত করা হয়।

অতএব, রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসটি সম্পূর্ণ হতে অনেক দেরী আছে। নতুন গবেষণা এবং পুরোনো তথ্যের পুনর্মূল্যায়নের প্রয়োজন আছে; অসাধারণ আবিষ্কারের ক্ষমতা এর এখনো আছে, যার দ্বারা আমরা সুন্দর, অখন্ডণীয় যুক্তিগ্দুলিকে পুণর্মূল্যায়ন করতে পারি। বিস্ময়কর বলে যতই মনে হোক না কেন, মৌলের আবিষ্কারের ইতিহাসের ব্যাপক বিশ্লেষণের মৌলিক গবেষণা আজ পর্যন্ত পৃথিবীর কোন বিবরণে করা হয় নি।

এই ইতিহাসের সাধারণ রূপরেখা এই বইটিতে উপস্থাপিত করার একটা চেষ্টা মাত্র করা হয়েছে। পরিশেষে, মৌলের ইতিহাসের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে জড়িত, এমন একটি বিষয় আমরা সংক্ষেপে বলবো, যেমন মৌলের মিথ্যে (ভ্রান্ত) আবিষ্কারের বিষয়। মৌলের ইতিহাসের ভুল ভ্রান্তির বিশদ তালিকা সংকলন করার কোন চেষ্টাই কেউ করেনি, কারণ এটি খুবই কঠিন কাজ (বহু কারণে)। মৌলের ভ্রান্ত আবিষ্কারের প্রায় একশোটি নাম এখানে আমরা দেবো (আবিষ্কারের তারিখ এবং আবিষ্কারের নাম দেওয়া হবে) এবং ভ্রান্তির কারণগ্দুলি সংক্ষেপে বিশ্লেষণে করবো। এগ্দুলির মধ্যে অর্ধেকের

বেশী বিরলমৃত্তিকা মৌল গবেষণার সময় হয়েছিল (এগুলির গবেষণার ক্ষেত্রে সম্ভবত দুই গুণেরও বেশী ভুল হয়েছিল, কিন্তু বেশীভাগ ক্ষেত্রে "আবিষ্কৃত" মৌলের নাম রাখা হয় নি, কেবলমাত্র গ্রীক বা ল্যাটিন অক্ষর মনোনীত করা হয়েছিল)। এই সমস্ত ভ্রান্ত মৌলের তালিকাটি (ইংরাজী) বর্ণানুক্রমে এখানে দেওয়া হলো: অস্ট্রিয়াম (austrium, 1886; ই. লিনেম্যান), বার্জিলিয়াম (berzilium, 1903; সি. বাস্কারভিল), ক্যারোলিনিয়াম (Carolinium, 1900; সি. বাস্কারভিল), সেলশিয়াম (Celtium, 1911; জি. আরবেইন), কলুম্বিয়াম (Columbium, 1879; জি. স্মিথ), ড্যামেরিয়াম (damarium, 1896; কে. ল্যাউয়ের ও পি. এণ্ট্স্চ), ডেসিপিয়াম (decipium, 1878; এম. ডেলাফোণ্টাইনে), ডেমোনিয়াম (1894; এইচ. রোল্যান্ড), ডেনেবিয়াম (denebium, 1916; জি. ইডের), ডোনারিয়াম (donarium, 1851; সি. বার্গম্যান), ডুভিয়াম (dubhium, 1916; জি. ইডের), ইউরোসামারিয়াম (eurosamarium, 1917; জি. ইডের), ইউক্সেনিয়াম মৃত্তিকা I, II, (euxenium earth I, II, 1901; কে. হফ্ম্যান, ডবলু. প্রান্ডট্ল), গ্লাউকোডিমিয়াম (glaukodymium, 1897; কে, ক্রুশ্চেভ), ইন্কগনিটাম এবং আয়নিয়াম (incognitum and ionium, 1905; ডবলু. ক্রুকস), জুনোনিয়াম (junonium, 1811; টি. থম্সন), কস্মিয়াম (Kosmium, 1896; বি. কস্ম্যান), লুসিয়াম (lucium, 1896; পি. বেরিয়েরে), মাসরিয়াম (masrium, 1892; এইচ. রিচমন্ড), মেটাসেরিয়াম (metacerium, 1895; বি. ব্রাউনের), মনিয়াম বা ভিক্টোরিয়াম (1898; ডবলু ক্রুক্স), মোসাণ্ড্রিয়াম (mosandrium, 1877; জি. স্মিথ), নিয়োকস্মিয়াম (neocosmium, 1896; বি. কসম্যান), ফিলিপিয়াম (phillipium, 1878; এম. ডেলাফোন্টাইনে), রোগেরিয়াম (rogerium, 1879; স্মিথ), রুশিয়াম russium, 1887; ক্রুশ্চেভ), ভেস্টিয়াম (vestium, 1818; গিলবার্ট), ওয়াসমিয়াম (wasmium, 1862; জি. বার), ওয়েলসিয়াম (welsium, 1920; জে. ইডের)। বিরলমৃত্তিকার অন্যান্য ভ্রান্ত আবিষ্কারগুলির নাম ছিল না।

43, 61, 85 এবং 87 নম্বর মৌলের গবেষণার সম্বন্ধে অনেক ভ্রান্ত আবিষ্কার জড়িত ছিল, এই শতাব্দীর চার দশক পর্যন্ত, প্রধানত, এই মৌলগুলির স্বরূপ উদঘাটনের জন্যে বিজ্ঞানীগণ দীর্ঘ এবং ব্যর্থ চেষ্টা করেছিলেন। এখানে কিছু উদাহরণ দেওয়া হলো: অ্যালাবিয়াম (alabium, 1931; এফ. অ্যালিসন এবং তাঁর সহকর্মীগণ), অ্যালকালিনিয়াম

(alcalinium, 1926; এফ. লোরিং, জি. ড্রুসে), ডোসিনাম (1937; আর. ডি সেপারেট), ফ্লোরেনশিয়াম (Florentium, 1926; এল. রোলা, এল. ফার্ণান্ডেজ), হেলভেটিয়াম বা অ্যাংলোহেলভেটিয়াম (1940; মিন্ডের, 1942; এ. লেইথস্মিথ), ইলিনিয়াম (illinium, 1926; ডি. হ্যারিস এবং তাঁর সহকর্মিগণ), লেপ্‌টিনে (Leptine, 1943; কে. মার্টিন), মেসুরিয়াম (masurium, 1925; নোডাক, আই. ট্যাকে, ও. বার্গ), মলডাভিয়াম (moldavium, 1937; এইচ. হুলুবেই), নিপোনিয়াম (Nipponium, 1908; এম. ওগাওয়া), রুশিয়াম (russium, 1925; ডি. দোবরাসের্দভ), ভার্জিনিয়াম (Virginium, 1930; এফ. অ্যালিসন এবং তাঁর সহকর্মিগণ)। তৃতীয় দশকের মাঝামাঝি সময়ও ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলের আবিষ্কারের ভ্রান্ত বিবরণ দেখা গিয়েছিল। যেমন, আউসোনিয়াম (ausonium, হেস্পেরিয়াম (hesperium,) বোহেমিয়াম (bohemium), সেকুয়ানিয়াম (sequenium)।

জটিল গঠন বিশিষ্ট আকরিক ও খনিজের গবেষণায় বহু সংখ্যক ভ্রান্ত আবিষ্কার করা হয়েছিল, বিশেষ করে, অশোধিত প্ল্যাটিনামের বিষয়। যেমন, নিম্নলিখিত মৌলের ভ্রান্ত আবিষ্কারের বিবরণ দেওয়া হয়েছিল: অ্যামারিলিয়াম (amarillium, 1903; ডবলু. কুর্‌টিস), কানাডিয়াম (Canadium, 1911; এ. ফ্রেন্ড), ডেভিয়াম (davyum, 1877; এস. কের্ন), যোসেফিনিয়াম (1903, আবিষ্কারক অজ্ঞাত), অউডালিয়াম (oudalium, 1879; এ. গুইয়ার্ড), প্লুরানিয়াম (pluranium), পোলিনিয়াম (polinium) এবং রুথেনিয়াম (ruthenium) (1829. জি. ওসান্ন), ভেস্টিয়াম (1808; জে. স্নিয়াডেকি)। নতুন প্ল্যাটিনাম ধাতুগুলির আবিষ্কারের সঙ্গে যুক্ত আবিষ্কারকদের নাম অকথিত থেকে গেছে; এ বিষয় যাঁরা বিবৃতি দেন তাঁদের মধ্যে আছেন এফ. জেন্‌থ (1853), সি. চাণ্ড্‌লের (1862), এবং টি. উইল্‌ম (1883)। এই তালিকাটি, অবশ্য শেষ হতে অনেক দেরী আছে।

কলুম্বাইটগুলি ও কোবাল্ট, জার্কোনিয়াম এবং নিকেলের খানিজগুলি গবেষণায়ও মৌলের ভ্রান্ত আবিষ্কার হয়েছিল, যেমন: ডায়ানিয়াম (dianium, 1860; এফ. কোবেল), গ্নোমিয়াম (gnomium, 1889; জি. ক্রুস, এফ. স্মিড্‌ট), ইডুনিয়াম (idunium, 1884; এইচ ওয়েবস্কি), নেপচুনিয়াম (1850; আর. হারম্যান), নাইগ্রিয়াম (nigrium, 1869; এ. চার্চ), নিকোলানাম (niccolanum, 1803; আই. রিখটার), নরওয়েজিয়াম

(norwegium, 1879; টি. ডাল), নোরিয়াম (norium, 1845; এ. ব্রেইথাউপ্ট), পেলোপিয়াম (pelopium, 1846; এইচ. রোজ), ভেস্টিয়াম বা সিরিয়াম (1818; এল. ভন ওয়েস্ট), ভোডানিয়াম (1818; ভি. ল্যাম্পাডিয়াস)

ভ্রান্ত আবিষ্কারের এগুলি হলো চারিটি বিশাল বিভাগ। এগুলি ছাড়াও, ইতিহাসে আরো অনেক একক ভ্রান্ত আবিষ্কারের কথা জানা আছে, যেমন, অস্ট্রিয়াম (austrium, 1889; বি. ব্রাউনের), অ্যাক্টিনিয়াম (actinium, 1881; ফিপসন), ক্রোডোনিয়াম (crodonium, 1820; আই. ট্রোম্‌স্‌ডর্ফ), ডোনিয়াম (donium, 1836; এ. রিচার্ডসন), একা-টেলুরিয়াম (eka-tellurium, 1889; এ. গ্রুনওয়াল্ড), ইথারিওন (etherion, 1898; সি. ব্রুশ), ল্যাভয়েসিয়াম (lavoesium, 1877; জি. প্রাট), মেটাআর্গন (metaargon, 1898; ডবলু. র‍্যামজে, এম. ট্রাভার্স), ওসেনিয়াম (oceanium, 1923; এ. স্কট), প্যানক্রোমিয়াম (panchromium, 1801; এল. ডেল্‌ রিও), ট্রিনিয়াম (treenium, 1836; জি. বোয়াসে), ভেসবিয়াম (vesbium, 1879; এ. সাচী)।

ওপরের নামগুলি কখনও কখনও পুনরুল্লেখ করা হয়েছে (অস্ট্রিয়াম এবং ভেস্টিয়াম) অথবা মৌলের প্রকৃত নামের সঙ্গে অভিন্ন হয়ে গেছে (অ্যাক্টিনিয়াম, রুথেনিয়াম)। এগুলি আকস্মিক ব্যাপার। তারকা চিহ্ন বিশিষ্ট মৌলগুলি বিশেষ করে আকর্ষণীয়। এগুলির ক্ষেত্রে ভাববার কারণ আছে. প্রকৃত পক্ষে, বিশ্লেষিত নমুনাগুলিতে অজ্ঞাত মৌল ছিল, যেগুলি সনাক্ত করা যায় নি। এখানে সঠিক ভাবে বলতে গেলে, ভ্রান্ত আবিষ্কারের থেকে বরং মৌলগুলিকে সনাক্ত করা যায় নি বলা উচিত। যেমন, অ্যামারিলিয়াম এবং ডেভিয়ামকে, আপাতদৃষ্টে, রেনিয়ামের পূর্বসূরি রূপে গণ্য করা যেতে পারে এবং হ্যাফনিয়ামের পূর্বসূরি ছিল নিপোনিয়াম।

পরীক্ষা দ্বারা মৌলের এই সব ভ্রান্ত আবিষ্কারগুলি হয়েছিল, যে পরীক্ষাগুলি মোটামুটি সঠিকভাবে করা হয়েছিল, কিন্তু নিয়ম অনুযায়ী, ঐ সব ফলাফলগুলি ভুলভাবে ব্যাখ্যা করা হয়েছিল। যাহোক, পুরানো রাসায়নিক এবং ভৌত রচনায় মৌলের এই সমস্ত নামের সাক্ষাৎ মেলে, যেগুলি কখনই আবিষ্কৃত হয়নি। এই তথাকথিত প্রাকল্পিক মৌলগুলির কিছু প্রক্রিয়াকে ব্যাখ্যা করার জন্যে স্বীকার করে নেওয়া হয়েছিল বা পরোক্ষ প্রমাণের জন্যে মেনে নেওয়া হয়েছিল (যেমন, করোনিয়াম

(coronium), নেবুলিয়াম (nebulium), অ্যাস্টেরিয়াম (asterium), আর্কোনিয়াম (arconium) এবং প্রোটোফ্লোরিন (protofluorine) (নানান মহাজাগতিক বস্তুতে যেগুলির অস্তিত্ব ধরে নেওয়া হয়েছিল)। কার্যত রাসায়নিক মৌলের ইতিহাসের সঙ্গে যেগুলির কোন সম্পর্ক নেই।

শীঘ্রই প্রকাশিত হবে

ভ. লাঙ্গে

পদার্থবিদ্যা: প্রশ্ন ও উত্তর

প্রকাশক: মির প্রকাশন, মস্কো ॥ সচিত্র ॥ বাংলা অনুবাদ: শাহজাহান আলী

মির প্রকাশনের নতুন বই

ভ. বুইয়ানোভ

প্রাথমিক চিকিৎসা সাহায্য

বাংলা অনুবাদ: ডা. শান্তিদাকান্ত রায় ॥ সচিত্র ॥ পরিবর্ধিত সংস্করণ

শীঘ্র বেরুচ্ছে

ইয়া. পেরেলমান

অংকের মজা

পাঠকদের প্রতি

বইটির অনুবাদ ও অঙ্গসজ্জার বিষয়ে আপনাদের মতামত পেলে প্রকাশালয় বাধিত হবে। অন্যান্য পরামর্শও সাদরে গ্রহণীয়।

আমাদের ঠিকানা:

USSR, 129820, Moscow, I-110, GSP
Pervy Rizhsky Pereulok, 2
MIR PUBLISHERS


C. Scheele
A. Lavoisier
J. Berzelius
H. Davy
R. Bunsen
W. Ramsay
D. Mendeleev
M. Curie
E. Rutherford
G. Flerov
G. Seaborg